

Федеральное государственное автономное  
Образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт управления бизнес-процессами и экономики  
Кафедра «Бизнес-информатика»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ А.Н. Пупков  
подпись

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

38.03.05.02 «Бизнес-информатика (Электронный бизнес)»

«Разработка электронного сервиса для расчета эффективного состава  
оборудования для сельхозпредприятия»

Руководитель \_\_\_\_\_ доцент кафедры БИ, к.т.н. И.А. Панфилов

Выпускник \_\_\_\_\_ Е.В. Верещагина

Нормоконтролер \_\_\_\_\_ Д.И. Ярещенко

Красноярск 2017

Федеральное государственное автономное  
Образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт управления бизнес-процессами и экономики  
Кафедра «Бизнес-информатика»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ А.Н. Пупков  
подпись

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

**ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ  
в форме бакалаврской работы**

Студенту Верещагина Елена Вадимовна

Группа УБ 13-09

Направление 38.03.05.02

«Бизнес-информатика (электронный бизнес)»

Тема выпускной квалификационной работы «Разработка электронного сервиса для расчета эффективного состава оборудования для сельхозпредприятия»

Утверждена приказом по университету

Руководитель ВКР Панфилов И.А. – доцент кафедры «Бизнес информатика» ИУБПЭ СФУ

Исходные данные для ВКР

Перечень разделов ВКР:

1 Анализ современных информационных технологий в сельском хозяйстве.

2 Формирование задачи о размещении поливного оборудования.

3 Разработка информационно-аналитического обеспечения выбора эффективного состава и размещения поливного оборудования.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1 Анализ современных информационных технологий в сельском хозяйстве...	6
1.1 Применение информационных технологий в сельском хозяйстве .....	6
1.2 Информационные технологии в сельском хозяйстве в России, в Красноярском крае .....	16
1.3 Виды оросительных систем, современные подходы к орошению .....	26
2 Формирование задачи о размещении поливного оборудования .....	38
2.1 Анализ финансово-хозяйственной деятельности ООО «Дары малиновки» 38	
2.2 Математическая постановка задачи о размещении поливного оборудования .....	46
2.3 Выбор алгоритмического обеспечения для решения задачи о размещении оборудования .....	52
2.3.1 Постановка задачи условной оптимизации.....	52
2.3.2 Общее описание методов решения задачи условной оптимизации..	53
2.3.3 Генетический поиск как метод оптимизации.....	54
2.3.4 Способы учёта ограничений в методе генетического поиска .....	57
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	62
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 .....	70

## ВВЕДЕНИЕ

Концепция развития сельского хозяйства России в качестве основного ориентира устанавливает развитие и усиление рыночных принципов хозяйствования.

Ключевым моментом этого развития является процесс применения информационных технологий. Использование современных информационных технологий увеличивает производительность и эффективность управленческого труда, позволяя по-новому решать многочисленные задачи.

Разнообразие информационных технологий, применяемых в области сельского хозяйства, с каждым годом растет и совершенствуется. Особенное внимание необходимо уделить важному вопросу в сфере сельского хозяйства – орошение земель.

Орошение является необходимой операцией в процессе выращивания определенных сельскохозяйственных культур в климатических условиях Центральной и Южной Сибири. Сельхоз предприятие ООО «Дары малиновки» уделяет большое внимание применению ИТ в своей деятельности и очень озабочены эффективностью ведения своего бизнеса.

Цель проекта заключается в разработке информационного обеспечения для выбора расположения поливных систем и снижении издержек на его закупку и эксплуатацию.

Целевой показатель в задаче оптимизации – максимальная рентабельность поля, на котором осуществляется выращивание сельскохозяйственных культур с использованием оросительных систем. Ежегодная прибыль формируется суммарной площадью поливаемой земли в пределах определенного поля. Издержки складываются из затрат на покупку, установку и ежегодное обслуживание поливных систем, а также подведение к ним воды.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

- провести обзор современных информационных систем в сельском хозяйстве;
- провести обзор систем управления поливным оборудованием;
- провести анализ финансово-хозяйственной деятельности ООО «Дары малиновки»;
- разработать информационно-аналитическое обеспечение для эффективного использования поливного оборудования с учетом реальных потребностей предприятия;
- предложить алгоритм выбора эффективного состава оборудования и его размещения;
- провести оценку экономического эффекта от внедрения разработанного информационно-аналитического обеспечения.

# **1 Анализ современных информационных технологий в сельском хозяйстве**

## **1.1 Применение информационных технологий в сельском хозяйстве**

Сегодня нет такой сферы производства и хозяйствования, в которых бы не применялись информационные технологии. Эффективная деятельность множества компаний, которые занимаются производством той или иной продукции осуществляется с поддержкой информационных технологий [1, 2, 3].

В развитых странах мира развитие интенсивного и эффективного сельскохозяйственного производства обеспечивается сегодня как при помощи внедрения новых технологических процессов производства, так и за счет улучшения информационно-технологической базы при управлении этими процессами [4]. Как правило, современные информационные технологии считаются главным условием сельскохозяйственного производства [1, 4].

Базовым элементом новейших информационных технологий считается программное обеспечение. В данных программах отражаются в виде математических моделей и методов обработки информации передовые инновационные методики производства сельскохозяйственной продукции, а также познания основных экспертов и ученых соответствующих областей сельского хозяйства [1, 5].

Такие экономические показатели как прибыль, уровень рентабельности производства позволяют проводить оценку эффективности отдельно взятой сельскохозяйственной отрасли в условиях рыночной экономики. В максимальном увеличении этих показателей и состоит конечная цель введения новых информационных технологий [6].

Информационные технологии и компьютеризация позволяют улучшить и упростить производственный процесс, а полная или частичная его

автоматизация позволяет облегчить труд, связанный с выполнением опасных для жизни трудовых действий [7].

Информационные технологии – это комплекс методов и средств информационных процессов (обработка, хранение, получение, передача информации с применением технических и программных средств) [1, 2, 3, 7, 8].

Информационные технологии тесно связаны с функционированием и формированием информационных систем – главной составной частью автоматизированных информационных систем [8].

Автоматизированная информационная технология (АИТ) – комплекс методов и средств сбора, обработки, передачи, регистрации, накопления, поиска и защиты информации на базе применения программного обеспечения, вычислительной техники и средств связи, а также совокупность способов, с помощью которых информация предлагается клиентам [1, 2, 8].

Спрос в условиях рыночных отношений на информационные услуги и информацию привел к тому, что современная технология обработки данных нацелена на применение широкого спектра технических средств, вычислительных машин и средств коммуникаций. На их основе создаются вычислительные системы и сети различных конфигураций с целью накопления, переработки информации, хранения, максимального приближения терминальных устройств к рабочему месту специалиста или лицу, принимающему решение [9, 10, 11, 12].

Принятие рационального решения в любой области человеческой деятельности основывается на качественной и своевременной информации, в том числе и сельское хозяйство [10]. Новые информационные технологии существенно расширяют возможности применения информационных ресурсов в различных отраслях сельского хозяйства [9, 12].

Средством и инструментом хранения и обработки электронной информации является вычислительная техника [13]. Применение вычислительной техники базируется на компьютерных технологиях, содержащих три элемента: технику, программы и информацию. Совокупность

взаимосвязанных сведений (данных), хранимых на машинных носителях - это база данных, а информация, размещенная на информационных носителях (книги, базы данных и др.) – это информационные ресурсы.

Также помогает усовершенствовать ведение хозяйства информационно-консультационные службы.

Информационно-консультационная служба – это служба, которая обеспечивает товаропроизводителей информацией, повышает их уровень знаний для успешного ведения производства, а также жизненный уровень [14, 15, 16].

Цель информационно-консультационной службы АПК – достижение конкурентоспособности аграрного сектора посредством содействия сельскохозяйственным товаропроизводителям в повышении эффективности производства и сбыта продукции [16].

Информационно-консультационные службы оказывают содействие товаропроизводителям всех форм собственности в повышении экономической эффективности производства путем:

- освоения и выбора новых технологий, новых видов техники, машин и оборудования, сортов сельскохозяйственных культур и пород животных;
- разработки программ маркетинга и поиска рынков сбыта сельскохозяйственной продукции;
- разработки бизнес-планов для получения в инвестиционных и краткосрочных кредитов;
- определение потребности в удобрениях и оптимизации их распределения по культурам;
- определения оптимальных программ кормопроизводства и использования кормов, составления оптимальных рационов кормления для сельскохозяйственных животных;
- предоставления оперативной информации о ценах и поставщиках сельскохозяйственной техники, оборудования, минеральных удобрений;



– помощи в решениях юридических вопросов, налогообложении и ведении бухгалтерского учета с элементами экономического анализа [1, 2, 14, 15, 16].

Сельское хозяйство – идеальная среда для применения информационных технологий (ИТ). В связи с этим для устойчивого и эффективного функционирования хозяйствующих субъектов в новых обстоятельствах следует применять передовые информационные технологии, позволяющие выявить их внутренние резервы, привлечь внешние вложения, а также проводить реструктуризацию организационных структур и выполнять реинжиниринг систем управления [17].

В современном сельском хозяйстве можно отметить несколько направлений развития технологий и применение инноваций:

- технологии обработки почвы;
- технологии производства сельскохозяйственных машин и оборудования;
- технологии выращивания и содержания скота;
- технологии сбора и сбережения продукции;
- технологии транспортировки и реализации продукции;
- технологии осушения и орошения почвы [3,17].

Использование современных информационных технологий увеличивает производительность и эффективность управленческого труда, позволяя по-новому решать многочисленные задачи [18]. К примеру, электронная техника и информационные технологии позволяют установить местонахождение объекта в пространстве и во времени, чем и объясняется возможность их применения в «точном сельском хозяйстве».

«Точное сельское хозяйство» – совокупность технологий, технических средств и систем принятия решений, направленных на управление параметрами плодородия, влияющими на рост растений [18, 19, 20].

Из числа задач «точного сельского хозяйства» – оптимизация

производства с целью получения наибольшей прибыли; разумное использование ресурсов, в том числе природных; охрана окружающей среды [20].

Для ведения «точного сельского хозяйства» следует использовать специальные устройства и технологии, таких как:

- приемники-антенны глобальных позиционных систем (GPS - ГПС или ГЛОНАСС), устанавливаемые на любом объекте (машине, агрегате и др.) [18, 21]. Они пеленгуют сигналы со спутников, находящихся в зоне приема информации. Для точного установления местонахождения объекта в пространстве и во времени достаточно получать сигналы с 3-4 из 24 спутников, вращающихся вокруг земного шара. Достоверность определения местонахождения объекта при этом находится в диапазоне от нескольких метров до одного сантиметра;

- географическая информационная система (GIS - ГИС) - это программное обеспечение, позволяющее обрабатывать и показывать пространственную информацию, компьютеризировать и составлять электронные карты [18, 22]. Географическая информационная система дает возможность обрабатывать и анализировать различные пространственные данные, интегрированные в цифровом виде;

- датчики для дистанционных измерений и бортовые датчики для приведения в действие исполнительных частей машинного агрегата [19, 20, 23, 24]. Дистанционные измерения служат для измерения температуры и влажности почвы, определения состояния растений (наличие сорняков, болезней и вредителей), урожайности посевов и многое другое. Действие дистанционных датчиков базируется на применении лазерно-радарных, ультразвуковых, электромагнитных установок, использовании инфракрасных волн, спектрофотометров, атомных резонаторов визуальных телекамер и т.д. Бортовые датчики предназначены для мониторинга урожая, установления нормы высева семян, места нахождения и скорости движения техники; внесения удобрений, ядохимикатов, воды, извести; замера технических

характеристик движения машин (буксования, тяги и проч.).

Первые комбайны фирмы «Массей-Фергюсон» были оборудованы приемниками-антеннами, принимающими сигналы со спутников, автоматическим устройством для мониторинга урожайности. Сочетая информацию о местонахождении комбайнового агрегата и мониторинга урожайности, можно узнать урожайность в любой точке поля в любое время [22].

Урожайность сельскохозяйственной культуры в разных местах одного поля не бывает одинаковой [22]. На величину урожайности влияют такие факторы, как: качество почвы (механический состав, плодородие, кислотность); типы и дозы внесенных удобрений; топография местности; технология посева, наличие лесополос; ухода за сельскохозяйственной культурой, уборки урожая; болезни, вредители сельскохозяйственных растений; качество семян; погодные условия; орошение и многое другое.

Оценивая эффективность орошения, необходимо учитывать то обстоятельство, что вода (с экономической точки зрения) считается важным производственным ресурсом, который имеет стоимость, а применение его – рациональные пределы. Это означает, что максимальная отдача от орошения достигается лишь при определенных объемах использования воды. Однако отдача от орошения выдерживается только при оптимальных сроках полива, поскольку именно они значительно больше влияют на рост урожайности, чем объемы использования оросительной воды [16, 22]. Поэтому важно, чтобы каждое предприятие, имеющее орошаемые земли, было обеспечено необходимыми приборами для измерения влажности почвы, что позволит своевременно поливать и тем самым минимизировать объемы расходования воды и максимизировать прирост результата. Но это возможно при условии, когда предприятие никогда не может получить необходимое количество воды. Поэтому при организации орошаемого земледелия обеспечения достаточного водоснабжения является необходимым условием целесообразности его внедрения.

Сопоставляя те или иные характеристики полей с картами урожайности, специалисты хозяйства могут выявлять причины неравномерной урожайности сельскохозяйственной культуры на поле (отдельные участки поля более продуктивны, чем другие).

Принятие решений, например, о необходимости дополнительного внесения удобрений на конкретном участке поля будет основываться на информации, полученной с помощью глобальной позиционной и географической информационной систем, традиционных источников, а также на основе экспертных оценок практиков и консультантов [16, 21]. Зная карты урожайности, почвенные и прочие характеристики полей, используя глобальную позиционную и географическую информационную системы, датчики, исполнительные автоматические устройства рабочих частей машин, можно составлять программу последующего движения машинного агрегата (например, с целью внесения удобрений) и по заданным программам вносить на конкретный участок поля соответствующее количество удобрений с сочетанием азота, фосфора и калия в необходимых пропорциях.

Первая компания, которая стала производить комбайны с устройством для создания и использования карт урожая – Фирма «Массей-Фергюсон» (Massey Ferguson). Эти комбайны оборудованы глобальной позиционной и географической информационными системами, имеют связь со спутниками через приемник-антенну, а также оборудование для ведения мониторинга урожайности. Такое оборудование выпускают также компании «Джон Дир», «Нью Холланд», «Класс» и др.

В США, Германии, Голландии, Канаде, Англии, Дании, Китае и других странах мира созданы научно-производственные центры «точного сельского хозяйства». В 1999 г. на фермах всех стран мира функционировало более 1500 машин, оборудованных соответствующими системами. Более 4% фермеров США применяли в своей практике «точное сельское хозяйство» [23].

Подобным образом, практическое применение «точного сельского хозяйства» стало возможным благодаря обширному применению программного

обеспечения электронной техники, созданию дистанционных и бортовых датчиков для приведения в действие исполнительных автоматических частей машин и агрегатов. Ускорение решений задач по улучшению управления в агропромышленном комплексе с применением электронной техники заключается не только в повышении его финансирования, но и в подготовке кадров, способных создавать и применять информационные технологии в сельском хозяйстве, в том числе и ведение «точного сельского хозяйства» [18, 19, 20, 22].

Ведение современного сельского хозяйства в развитом информационном обществе предполагает непрерывное получение информации от различных внешних источников (через глобальную сеть Интернет) из любой точки местности в удобный момент времени [1, 3, 21]. Статистика представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Использование информационных технологий фермерами

Страна	Число фермеров с полной занятостью	Количество фермеров, применяющих компьютеры		Количество фермеров, работающих в системе Интернет	
		чел.	%	чел.	%
Чехия	175000	30000	17,1	4000	2,3
Дания	60000	48000	80	30000	50
Финляндия	80000	50000	62,5	40000	50
Франция	330000	110000	33,3	25000	7,5
Германия	170000	75000	44,1	55000	32,4
Италия	260000	80000	30,8	10000	3,8
Япония	426000	144000	33,8	52000	12,2
Голландия	100000	60000	60	50000	50
Норвегия	70000	52000	74,3	40000	57,1
Польша	2000000	100000	50	5000	2,5
Испания	1000000	45000	45	10000	10
Швеция	30000	24000	80	14000	46,7
Великобритания	80000	60000	75	30000	37,5
Россия	275000	9000	3,3	3000	1,1

Примером активного применения информационных технологий считаются страны Евросоюза. При этом количество компьютеров в этих странах, подключённых к Интернету, практически не превышает 50 %. Ряд

учёных в области информационных технологий полагают, что существующий уровень использования компьютерной и коммуникационной техники в исследованных странах крайне низок для эффективного применения информационных технологий [1, 3, 21].

В последнее время в сфере сельского хозяйства все чаще появляются условия и прилагаются существенные усилия по внедрению информационных технологий. Наиболее известные технологии реализованы в рамках прикладных компьютерных программ [1, 3]. Это, в первую очередь, программы оптимизации размещения сельскохозяйственных культур в зональных системах севооборота и рационов кормления животных; по расчету доз удобрений; проведению комплекса землеустроительных работ и управлению земельными ресурсами; ведению государственного кадастра истории полей и разработке технологических карт возделывания сельскохозяйственных культур; регулированию режима питания растений и микроклимата; оценке экономической эффективности производства; контролю процесса хранения картофеля и овощей, качества выращиваемой продукции и кормов, загрязнения почв; управлению технологическими процессами в птичниках, производственными процессами в переработке мяса птицы и хранении продукции и многое другое.

В России в области АПК (Агропромышленный комплекс) разработан технический проект АРИС («Аграрная Российская Информационная система») [25]. Согласно этому проекту в регионах создаётся единая корпоративная сеть Минсельхоза России, которая свяжет между собой локальные сети органов управления сельским хозяйством и на всех уровнях – от районного до федерального. Ядром структуры федерального уровня является компьютерная сеть Министерства сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации и его Главного вычислительного центра. Эта сеть включает в себя серверную группу, обеспечивающую информационную и технологическую интеграцию всей компьютерной системы АПК в федеральный банк данных. Основой распространения информации АРИС считается глобальная

компьютерная сеть Интернет. Проект АРИС позволит Минсельхозу России и органам управления в регионах более эффективно выполнять функции планирования, контроля, прогнозирования, организации производственной деятельности.

Положительным примером интеграции информационных ресурсов по аграрной тематике является ФАО ООН (The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) – продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН[26]. Это международная, межправительственная организация, которая занимается вопросами продовольственных ресурсов и развития сельского хозяйства в разных странах, была создана в октябре 1945 г. с целью координации и реализации усилий, нацеленных на борьбу с голодом, повышения качества питания, развития сельского хозяйства на мировом, региональном и национальном уровнях. Деятельность ФАО охватывает весь комплекс проблем АПК, в т. ч. сбор и распространение данных, помощь странам в разработке аграрной политики, обеспечение международного сотрудничества. ФАО является хранителем, а также источником информации по сельскому, лесному и рыбному хозяйству, а также активно осуществляет публикацию своих исследований и способствует их всемерному распространению. Членами ФАО являются 190 стран мира. В феврале 2006 г. Россия восстановила свое членство в ФАО. Информационные ресурсы ФАО - это коллекция, создаваемая всеми членами этой организации, и каждый ее член становится равноправным пользователем и создателем. Аналогичные информационные системы позволяют решить множество проблем связанных с получением и распределением информационных ресурсов [1,11,26].

Владея нужной информацией, руководитель может осуществлять мониторинг хозяйственной деятельности предприятия, быстро получать информацию о новых производственных технологиях и новинках НТП, так же будет иметь доступ к различной информационной и статистической информации.

В России наибольшее распространение получил программный пакет от компании «Консультант плюс» [27]. Данный пакет позволяет в кратчайшие сроки получать всю необходимую правовую информацию. Кроме того, в нем реализована возможность получения комментариев от специалистов, которые помогут правильно понять принятый закон.

Сельское хозяйство нуждается в подобной информационной системе, которая будет описывать способы ведения хозяйства, давать консультации и комментарии. Для повышения эффективности её использования следует ввести разделение по регионам.

Формирование эффективных современных информационных систем требует творческого подхода. Информационно–консультационные системы решают многие проблемы товаропроизводителей, реализовывая программы поддержки сельского хозяйства; становятся объективно необходимым условием для повышения эффективности управленческой деятельности, как в АПК, так и в иных отраслях народного хозяйства [1,2,15].

Рассмотрим подробнее использование различных информационных технологий в сфере сельского хозяйства на территории России, в Красноярском крае.

## **1.2 Информационные технологии в сельском хозяйстве в России, в Красноярском крае**

В наши дни особенно актуальной проблемой сельского хозяйства в Российской Федерации является заметное отставание его технологического развития по отношению к ведущим аграрным государствам. По данным, которыми оперируют учёные, исследующие этот вопрос, сельскохозяйственное производство в России сегодня приближено к тому уровню, какой был в СССР в 70-х годах XX века. Данная статистика не может не огорчать [28, 29]. Принято считать, что ведущим фактором для повышения эффективности сельского хозяйства служат именно передовые информационные технологии, однако с



этим направлением в Российской Федерации сейчас существуют некоторые сложности[30].

В нынешнем состоянии развития АПК одной из основных задач его быстрого распространения как по всей территории Российской Федерации, так и её регионов по решению вопросов продовольствия и вынужденного повышения конкурентоспособности, является интенсификация АПК, его автоматизация, современная механизация и развитие информационных технологий, которые позволяют с каждой единицы используемых ресурсов получить большее количество, разнообразие и разнородность высококачественных продуктов питания – это и есть эффективнейший способ развития агропромышленного комплекса. Инновационное развитие АПК замедляется в том числе из-за низкого уровня технологической оснащённости, во многом определяемой техническим и технологическим уровнем промышленности и недостаточной квалификацией кадров. В то время как мировой и европейский опыт ведения сельскохозяйственных работ уже напрямую связан с информационными технологиями, в России это направление ещё практически не открыто и по многим причинам не получает должного внимания [28, 30, 31].

Несколько десятилетий назад целью было не добиться высоких показателей при минимальных затратах, а обеспечить занятость населения страны. Теперь на дворе рыночная экономика. Приоритеты изменились в сторону повышения эффективности сельскохозяйственного сектора. И можно говорить о том, что в настоящее время в сельском хозяйстве России происходит технологическая революция [30, 31].

Во второй половине прошлого века, когда процветала командно-регулируемая экономическая система, главной целью государства было не стремление к высоким показателям при минимальных затратах, то есть как можно более рациональное производство, а обеспечение занятости населения страны[28, 31]. В XXI веке же процветает рыночная экономика. Приоритеты изменились в сторону повышения эффективности сельскохозяйственного

сектора, нужно как можно быстрее стремиться к развитию АПК, к революции именно информационных технологий в сельском хозяйстве.

Нужно отдать должное государственной политике, направленной на поддержание сельскохозяйственных предприятий и их субсидирование. Выделяемые федеральным бюджетом деньги идут на качественное улучшение технологического оборудования. Введение современных информационных технологий в производство сельского хозяйства предполагает постоянное обогащение информацией от различных внешних источников (к примеру, через Интернет) из практически любой точки местности в подходящий любому работнику момент времени. Например, перманентное получение данных об определенных прогнозах синоптиков может быть доступно фермерам на протяжении дня. Это позволяет более рационально и эффективно применять различные химические средства защиты растений, а также существенно снижает риск загрязнения окружающей среды [31].

Однако на этом достоинства и неоспоримые преимущества информационных технологий не заканчиваются. При рациональном использовании информационного обеспечения на предприятии улучшаются такие немаловажные характеристики, как оперативность, чёткая согласованность действий; ускоряется темп производства, а также увеличивается качество изготавливаемой продукции [30]. Информационные технологии позволяют отследить ход выполнения тех или иных операций, своевременно заметить возможные неполадки и устранить их до того момента, пока они усугубят положение дел на производстве. Это особенно важно сегодня, когда из-за одной неисправности может остановиться весь процесс [28].

Внедрение информационных технологий также существенно снижает влияние человеческого фактора, что является положительным моментом для предприятия [29]. В данной отрасли на текущее время решается множество задач, одной из которых выступает отсутствие в Российской Федерации развитой на должном уровне биотехнологической промышленности. Для

стабилизации этой ситуации прогнозы считают необходимым постоянный приток инвестиций в эту отрасль производства, а также инноваций, поскольку именно методики, способные определять качество продукции, как никогда необходимы для комбикормовой промышленности [31].

Немалый интерес для государства представляют информационные разработки в животноводческой отрасли. Так миниатюрные датчики, которые могут быть безболезненно помещены под кожу животных и находиться в их теле продолжительное время, не причиняя никакого вреда, позволяют получать наиболее полную информацию о здоровье скота и определять его текущее местоположение [29]. Все эти операции могут быть с легкостью проведены при самом упрощённом знании о работе с технологиями, поэтому развитие в этой отрасли производства особенно актуально для Российской Федерации с учетом ее устремленности на повышения уровня аграрного производства.

Информационные технологии необходимы для повышения урожайности сельскохозяйственных культур на территориях Российской Федерации. Как известно, для стабильного функционирования сельского хозяйства в отдельных регионах России приоритетным является выявление их внутренних резервов, привлечение нового потока инвестиций, а также реорганизация управленческих систем. Улучшение АПК напрямую связано с подготовкой кадров, которые обучены управлению передовыми технологиями и ведению так называемого точного сельского хозяйства. В конечном итоге эти задачи решаются реализацией прикладных компьютерных программ [29]. Они позволяют проводить целый ряд земледельческих работ, направленных на контроль качества изготавливаемой продукции, оценку экономической эффективности предприятия, регулирование комфортного микроклимата, где выращиваются растения, за чьим питанием также ведётся особое наблюдение. Учёт и контроль загрязнения почв также отслеживаются с помощью информационных технологий, что позволяет уделять большее внимание благополучию окружающей среды и максимальной нормализации экологической ситуации в тех или иных регионах Российской Федерации.

В последнее время в России курс на успешное развитие взял рынок так называемых консалтинговых услуг, занятых в сфере сельскохозяйственной деятельности. Причин, которые этому способствовали, немало, поэтому выделим лишь некоторые из них: это и рост заинтересованности в ведении хозяйств при помощи внедрения информационных технологий, и существенная необходимость получения практического опыта в данном направлении. Консалтинг нашел широкое применение именно в сельскохозяйственной области потому, что у фермеров, занятых производством собственной продукции и сбытом ее в дальнейшем на рынок, больше внимания уделяется не столько отслеживанию последних достижений технического прогресса, сколько количеству и качеству производимого товара [29]. И в подобной ситуации именно консультант оказывается тем действующим лицом, которое прибывает на предприятие и, осматривая его работу, предлагает владельцу запастись какими-либо передовыми технологиями, которые могут существенно помочь в совершенствовании производственного процесса. Такая поддержка позволяет руководителям сельскохозяйственных субъектов тратить средства не на закупку традиционных, а уже инновационных технологий, обладающих ресурсосберегающим потенциалом [31]. Благодаря этому существенно снижается себестоимость продукции, из чего следует, что в перспективе в будущем Россия будет сполна обеспечена продуктами питания, производимыми на ее же территории.

Сейчас перспективы развития информационных технологий в сельском хозяйстве необычайно высоки. В разных субъектах Российской Федерации уже проходят мероприятия, направленные на внедрение в предприятия качественно новых достижений науки и техники и ознакомление с ними специалистов и работодателей с опорой на опыт зарубежных западных стран, которые на данный момент преуспели в АПК [28]. В России также формируются консультационные, организационные, управленческие центры, готовые всегда подсобить тем или иным производствам путем их финансирования и осуществления иных инвестиционных проектов. Наконец, полным ходом

развивается и научно-технологическая деятельность в рассматриваемой нами сельскохозяйственной отрасли производства.

Безусловно, приведенные выше действия, направленные на развитие сельского хозяйства, оказывают влияние на фермерские хозяйствующие субъекты, однако для увеличения продуктивности проводимых мер нужно создание своего рода единой информационной базы, иначе говоря, системы доступа, а также внедрение информационных технологий на федеральном и региональном уровнях [28, 30, 31]. Специалистами не раз было доказано, что именно сельское хозяйство в нашей стране имеет наибольшие перспективы для интенсивного расширения производства. Однако для этого государство должно оказывать большую материальную поддержку сельскому хозяйству, выдавать субсидии и делать всё, чтобы оно развивалось. Помимо прочего важно, чтобы государство само устанавливало пути его развития, а не пускало всё на самотёк фермеров, ибо в сельском хозяйстве работает много так называемых «людей старой закалки», которые очень консервативны и либо не хотят каких-то инноваций, либо просто-напросто не знают о них. А молодых и амбициозных людей, которые смотрят на нынешнее положение сельского хозяйства и не видят в этом никаких перспектив, совсем не привлекает это, потому они предпочитают самореализацию в других сферах [29].

Сельскому хозяйству нужна стабильная государственная поддержка для привлечения молодых специалистов, если будут молодые сотрудники, то соответственно будут и идеи, и инновации [30]. Создание программ для повышения квалификации кадров, не только обещанные, а уже вполне реальные перспективные цели, которые более чем реально достичь – все это будет продвигать сельскохозяйственные производства вперед, привлекая на предприятия новых специалистов [28, 29, 31].

Проект научно-технической программы развития сельского хозяйства Красноярского края разработан в соответствии с указом Президента РФ "О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства" [45].

Программа предусматривает поддержку научных исследований, внедрение инновационных технологий на предприятиях агропромышленного комплекса региона, а также модернизацию инфраструктуры и автоматизацию технологических процессов. Кроме того, для устранения зависимости от иностранной продукции на территории края планируют производить оригинальные и элитные семена растений и разводить племенных животных. В рамках программы особое внимание уделяется развитию прорывных технологий под перспективный рынок Национальной технологической инициативы – FoodNet [32].

Учёные Сибирского Федерального университета разработали автоматизированную систему агромониторинга для муниципальных районов Красноярского края. Суть предложенной автоматизированной системы – информационная поддержка комплекса задач в области управления объектами землепользования, начиная от инвентаризации и специализации земель, оценки их экономического и агротехнического потенциала и вычленения границ землепользования до контроля исполнения договорных обязательств между муниципалитетами и хозяйствующими субъектами.

Актуальность проекта СФУ трудно переоценить, ведь одним из основных направлений на пути к достижению устойчивости бюджетной системы региона является эффективное управление земельным фондом, в том числе и сельскохозяйственным [32].

Новая система основана на комбинации методов дистанционного зондирования Земли, ГИС-технологий, и ландшафтного картографирования. Она позволяет отслеживать динамику объектов подстилающей поверхности, проводить инвентаризацию и оценку использования земель сельскохозяйственного назначения, оценивать состояние посевов, прогнозировать урожайность, оптимизировать показатели налогообложения и субсидирование сельскохозяйственного производства, а также осуществлять совместный анализ данных Росрееста, агрохимических служб, наземных наблюдений и других источников информации.

На основе данных космосъемки было установлено, что погрешность между плановыми и фактическими показателями площадей земельных выделов достигает 20%. Методика, предложенная СФУ, позволяет свести её к нулю. Проект даёт возможность полно и достоверно оценивать эффективность использования земельного фонда, своевременно принимать меры по устранению выявленных проблем. И, как следствие, работает на усиление устойчивости регионального развития[32].

Предложенная система является многоцелевой, она ориентированная на разные категории землепользователей. Ведь министерству сельского хозяйства важна достоверная информация о многолетних травах, земледельцам – о контурах и так далее. Система помогает автоматизировать и наладить электронный документооборот между сельхозпроизводителем и представителями администрации муниципального района. Сформированные отчеты содержат информацию о планах посевов очередного полевого сезона и итогах сева с точностью до отдельных полей.

Данный проект получил свою реализацию при финансовой поддержке Краевого фонда науки.

Сейчас программу тестируют агрономы Сухобузимского района Красноярского края, а также представители районной и краевой администрации.

Специалисты тестируют новые инструменты агромониторинга и заносят планы посева 2016 года. При участии сотрудников и студентов института космических и информационных технологий СФУ идет инвентаризация земель сельскохозяйственного назначения Ирбейского, Новоселковского и Минусинского районов по данным космосъемки соответствующих территорий [33].

Другой проект «Создание аппаратно-программного комплекса для отработки информационной технологии измерения влажности почвенного покрова с применением сигналов глобальных навигационных систем

ГЛОНАСС и GPS» был разработан Институтом физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения РАН.

В основе проекта лежат незадекларированные возможности системы ГЛОНАСС, выведенные чисто прикладным путём. Авторы разработки следовали логике: раз спутники летают, и у них хорошие источники радиоизлучений, значит, их можно использовать для решения так называемых ненавигационных задач. В данном случае это определение влажности почвы – показателя, от которого напрямую зависит, каким будет урожай, с использованием сигналов из космоса в масштабе реального времени.

Проект направлен на создание и организацию производства наукоёмкой продукции, основанной на применении глобальной навигационной системы ГЛОНАСС, разработчиком и производителем которой является ОАО «Информационные спутниковые системы имени академика М.И. Решетнева» [32]. До настоящего времени данная система применялась для определения координат и углового пространственного ориентирования.

В предлагаемом Институтом физики проекте будет создана информационная технология и опытный образец приёмного устройства для измерения влажности верхнего слоя почвенного покрова с применением сигналов глобальных навигационных систем ГЛОНАСС и GPS [32]. На базе полученных результатов ОАО «НПП «Радиосвязь» планирует наладить промышленный выпуск простых и доступных по цене измерителей влажности почвенного покрова по типу широко используемых ГЛОНАСС навигаторов, которые будут использоваться Метеостанцией госкомгидромета и министерства сельского хозяйства края, в сельхозпредприятиях и фермерских хозяйствах АПК региона, в овощеводческих и садоводческих хозяйствах городских и пригородных территорий. На сегодняшний день измерители влажности почвенного покрова с использованием ГЛОНАСС и GPS не производятся. Однако исследования, проведённые как за рубежом, так и организацией-заявителем, показали, что создание инновационного продукта возможно. В результате сотрудничества



заявителя с зарубежными партнёрами был создан алгоритм дистанционного измерения влажности почвенного покрова с применением космического аппарата SMOS Европейского космического агентства. По предварительным подсчётам, годовой объём продаж, производимых ОАО «НПП «Радиосвязь» приёмников составит 90 миллионов рублей.

Программа «Разработка системы земледелия Красноярского края на ландшафтной основе», которую презентовал Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Россельхозакадемии, в отличие от двух предыдущих – сугубо земная. Но её значимость для АПК Красноярья от этого ничуть не ниже [32].

Разработчиками была представлена новая система земледелия, которая вберёт в себя сведения обо всех существующих на сегодняшний день на территории Красноярского края технологических приёмах, технических и химических средствах, сортовом разнообразии, ландшафтных и экологических подходах в растениеводстве и земледелии и станет актуальным подспорьем для руководителей сельхозпредприятий и производителей региона.

У заявителей проекта большой опыт по созданию и внедрению в производство новых сортов и технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Инновационными продуктами являются допущенные к использованию на территории РФ 79 сортов селекции Красноярского НИИСХ: 21 сорт зерновых и зернобобовых культур, 12 – многолетних трав, 24 – плодовых, 17 – ягодных, 1– декоративных культур. Среди них 9 сортов ценных по качеству зерна [33]. Семена, которые на сегодняшний день имеются у нас в крае, потенциально способны обеспечить урожайность до 40 центнеров с гектара на полях центральной группы районов. Главное –это правильно подходить и к выбору семян, и к выбору технологий взвешенно, с учётом особенностей зоны, в которой находится хозяйство, и тех задач, которые растениеводы перед собой ставят.

Проект «Разработка системы земледелия Красноярского края на ландшафтной основе», аккумулирующий весь опыт современных

земледельческих практик, призван стать своего рода путеводителем, по сути, настольной книгой для каждого растениевода[32].

Четко сформулированные этапы подъема сельского хозяйства Красноярского края и России в целом, определение конечных результатов и сроков, в какие обязательно надо достичь намеченного распорядка, необыкновенно важны для дальнейшего создания мощной стабильной системы, в которой информатизация наряду с автоматизацией сельскохозяйственных субъектов могли бы стать основной движущей силой АПК [15, 32].

Представленные выше программы и проекты говорят об активном использовании информационных технологий в сельском хозяйстве, как на территории Красноярского края, так и по России в целом. Разнообразие информационных технологий, применяемых в области сельского хозяйства, с каждым годом растет и совершенствуется. Особенное внимание необходимо уделить важному вопросу в сфере сельского хозяйства – орошение земель. Далее подробно рассмотрим особенности оросительных систем, их виды, пользу орошения, а также применение современных подходов к орошению земель в России и других странах.

### **1.3 Виды оросительных систем, современные подходы к орошению**

Строительства крупных хранилищ в местах произрастания плодоовощной продукции и поставками ее в течение всего периода до получения нового урожая является значимой составляющей в обеспечении продовольственной безопасности.

Поддержание оптимального для жизнедеятельности растений режима влажности почвы и воздуха возможно только при обеспечении искусственного орошения [34, 37]. Условия сооружений накладывают конкретные ограничения на использование всего разнообразия существующих способов и технических средств полива.

Оросительную воду на полях можно распределять шестью способами: поверхностным, дождеванием, внутripочвенным, капельным, внутripочвенным орошением, системой фитомониторинга растений[36].

Поверхностный способ полива имеет три разновидности: напуском по полосам, по бороздам и затоплением [46].

При поливе напуском вода движется тонким слоем по поверхности выровненных длинных полос и в процессе движения впитывается в почву.

При поливе по проточным бороздам вода впитывается в почву через дно и стенки борозд, в процессе движения, а по затопляемым бороздам она впитывается в состоянии покоя.

При поливе затоплением небольшой участок – чек, окруженный со всех сторон земляными валиками, наполняют слоем воды, которая, находясь в состоянии покоя, просачивается в почву.

Поверхностный полив представляет собой ручной полив из шланга. Исполнования такого способа орошения стремятся свести к минимуму; его применяют либо как дополнение к основному автоматизированному поливу, либо в аварийных ситуациях [38]. При поливе из шланга вода по поверхности почвы распределяется неравномерно, образуются недостаточно увлажненные и переувлажненные зоны, что приводит к возникновению почвенной эрозии, нарушению ее структурных свойств. При таком поливе образуется вспомогательный неэффективный расход воды в результате потерь на фильтрацию и испарение; чрезмерно повышается влажность воздуха. Это отрицательно воздействует на рост и продуктивность некоторых культур, в частности томатов. Помимо этого, при избыточном увлажнении воздуха повышается вероятность развития различных заболеваний растений.

При дождевании поливы выполняют периодически, вода накапливается в верхних слоях почвы; увлажняется не только почва, но и растения, вода распределяется относительно равномерно, создается возможность проводить полив малыми поливными нормами, вносить с поливной водой питательные элементы. Чаще всего системы дождевания автоматизированы [47]. К

недостаткам полива дождеванием можно отнести: избыточное увлажнение воздуха, энергозатраты, некоторое нарушение структуры почвы [40].

Внутрипочвенное орошение позволяет получать только капиллярное увлажнение верхних слоев почвы; обеспечить постоянное водоснабжение растений; поддерживать конкретную глубину увлажнения; значительно сократить испарение воды с поверхности почвы; не стесняет работу сельскохозяйственных машин[48].

Все большее распространение получает капельное орошение. При таком орошении вода подается к каждому растению с помощью водовыпусков малого диаметра (капельниц) [49]. Капельное орошение бесспорно относится к числу ресурсосберегающих способов полива. При его использовании возможно достижение близких к оптимальным водного и воздушного режимов, экономное расходование поливной воды и удобрений. Широко применимы средства автоматизации. Недостатками капельного орошения считаются большая величина как капитальных, так и эксплуатационных затрат в связи с высокими требованиями, предъявляемыми к качеству поливной воды, а также имеют место незначительные потери оросительной воды на испарение [35, 41].

В настоящее время в Китае ежегодный дефицит воды в сельскохозяйственном орошении. В связи с социально-экономическим развитием спрос на воду будет расти и дальше. Чтобы справиться с нехваткой воды и повысить площадь орошаемых земель, были внедрены технологии и меры по экономии воды при орошении, и расширены задачи повышения эффективности и продуктивности использования воды. На уровне района орошения, технологии и меры, принятые для повышения эффективности использования воды, включают в себя облицовку каналов, постройку трубопроводов и совершенствование структуры управления и водомерных средств, автоматизации действующих систем орошения.

В Китае наиболее популярный способ орошения – капельное орошение.

Капельное орошение дает возможность получить существенную экономию воды и других ресурсов (удобрений, трудовых затрат, энергии и

трубопроводов). Капельное орошение также даёт другие преимущества (более ранний урожай, предотвращение эрозии почвы, уменьшение вероятности распространения болезней и сорняков).

На рисунке 1 представлена система капельного орошения, которая состоит из:

- узла забора воды;
- узла фильтрации;
- узла фертигации (фертигация – применение удобрений и протравливателей вместе с поливной водой);
- магистрального трубопровода;
- разводящего трубопровода и капельных линий [49].

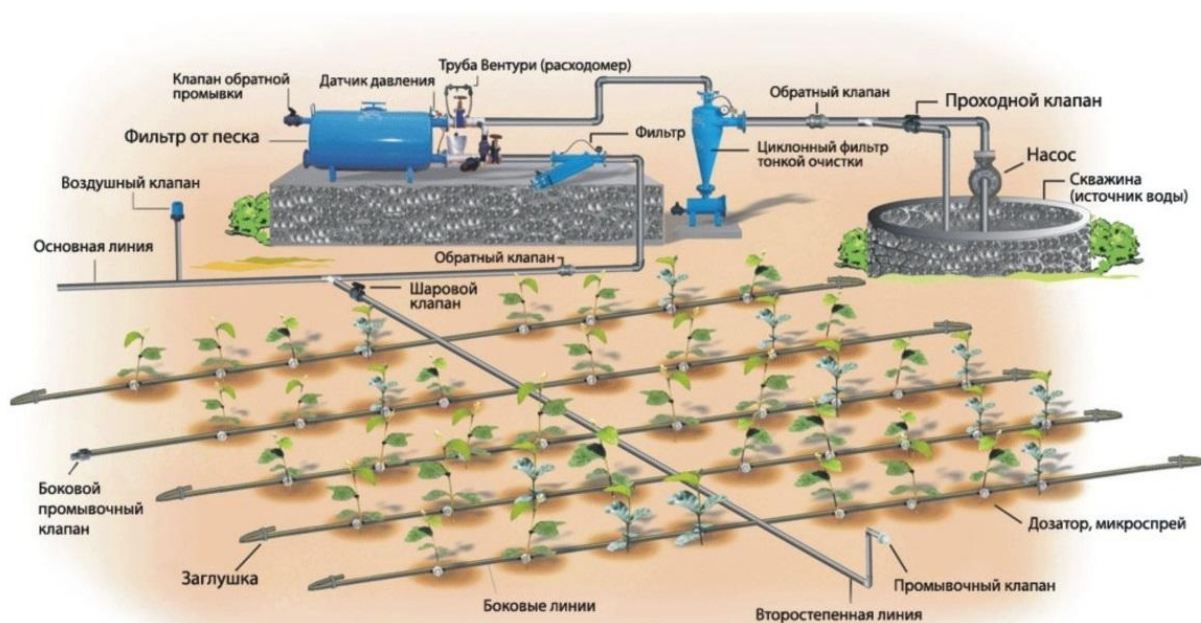


Рисунок 1 – Система капельного орошения

Устанавливают систему на полях для автоматического полива насаждений. Благодаря данному оборудованию вода поступает в прикорневую зону растений незначительными дозами, равномерно и в одинаковом количестве. Возможность регулирования поступления воды к растениям делают системы полива поистине универсальным. Хорошие результаты,

полученные за короткий срок, способствовали активному распространению капельного орошения практически во всех странах мира, а также в России.

Капельное орошение— оборудование более прогрессивное, по сравнению с дождевальным. Несомненным плюсом данного метода полива является то, что на поверхности почвы не образуется корок, соответственно не затрудняется дыхание корней даже во время орошения. Следуя за точностью дозировки воды, система становится менее чувствительной к скачкам давления в трубопроводах, более того, незначительные площади полива считаются хорошим барьером для роста сорняков. Если температуру воды увеличить, некоторые культуры созреют значительно раньше. Капельный полив минимизирует распространение на участке грибковых вредителей и болезней, плоды гниют сравнительно меньше.

Капельное орошение основано на поступлении воды небольшими дозами в прикорневую зону растений, количество и периодичность подачи воды регулируется в соответствии с потребностями растений. Вода поступает ко всем растениям равномерно и в одинаковом количестве.

Количество точек орошения прикорневой зоны в основном устанавливается самостоятельно в зависимости от культуры и типа почвы.

Капельное орошение существенно экономит воду: увлажняет только прикорневую зону растений, отсутствуют потери от периферийного стока воды, снижаются потери на испарении. [49].

Устанавливаемая система капельного орошения требует повышенное внимание организации очистки воды, поступающей в нее. Если в шланги будет попадать песок, частички грунта или иловые загрязнения, капельница неизбежно прекратит работать. В тех случаях, когда вода в систему подает из открытых водоемов, необходимо позаботиться и об имеющихся фильтрах грубой очистки, и о дополнительных фильтрах, производящих очистку более тонко.

Соблюдая элементарные правила монтажа и эксплуатации, система капельного полива может прослужить владельцу не один год, и использование ее не доставит дополнительных проблем.

Особый интерес представляет внутripочвенное орошение[50]. Принцип этого способа полива заключается в том, что вода подается непосредственно в корнеобитаемый слой.Особенностью внутripочвенного орошения является практически полное отсутствие увлажнения верхнего слоя почвы, за счет чего предотвращается образование корки и потерь оросительной воды на испарение. На тех участках, где применяется такое орошение, отсутствует разрушение почвенной структуры, создается оптимальный водновоздушный режим, улучшаются условия жизнедеятельности микроорганизмов. Существует возможность регулирования питательного режима при внесении в почву растворов удобрений. Системы внутripочвенного орошения могут быть автоматизированы без применения сложной дорогостоящей техники. К недостаткам внутripочвенного орошения относятся: высокие капитальные затраты, ограниченность его применения на участках, где почвы засолены, и возможность заиливания увлажнителей, возможные потери воды на фильтрацию. [42, 50].

Несмотря на недостатки, внутripочвенное орошение считается одним из самых эффективных способов орошения сельскохозяйственных культур. При его применении наблюдается повышение урожайности и снижение затрат на производство продукции, создается значительная экономия материальных и трудовых ресурсов.

Пожалуй, наибольшего внимания заслуживает система фитомониторинга растений, в разработке которой Израиль является несомненным лидером.

Недостаток воды является серьезным препятствием в развитии сельского хозяйства Израиля. Из-за недостатка воды почти половина пахотной земли орошается искусственно. Сезон дождей здесь длится с октября по апрель, а жарким летом осадки не выпадают совсем. Несмотря на то, что наибольшая часть водных ресурсов находится на севере и в центре страны, сельское хозяйство также активно развивается и в засушливых южных и восточных районах [39, 41].

В начала 50-ых годов были приложены большие усилия в исследование процесса орошения. Было доказано, что использование воды гораздо более эффективно при герметичном орошении, чем при поверхностном поливе. Вследствие этого производители оросительного оборудования разработали совершенно новую технику и приспособления, такие как системы капельного орошения (поверхностного и внутрипочвенного), которые направляют поток воды непосредственно в корневую зону растений, автоматические клапаны и компьютеризированные контроллеры, медиа- и автоматизированные системы фильтрации, малоразрядные пульверизаторы и минипульверизаторы.

Фитомониторинг – это специализированная информационная система реального времени, главным образом предназначенная для садоводства и плодководства[38, 39, 40, 41].Основной целью применения системы является получение новой информации о плодах и урожае, необходимой для поддержки процессов принятия решений в отношении климата (по мере возможности) и управления системами орошения, мониторинг роста растений представлен на рисунке 2.

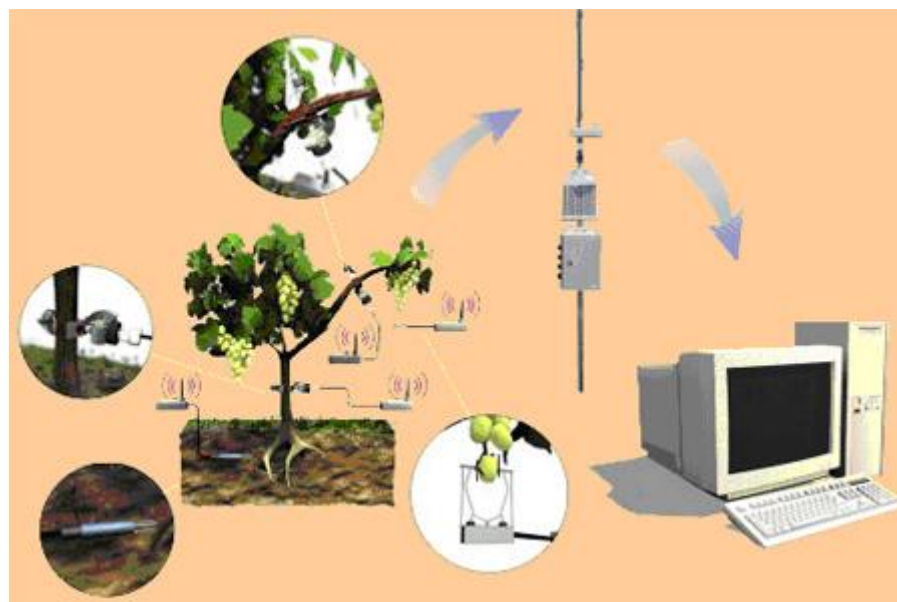


Рисунок 2- Мониторинг роста растения



Фитомониторинг позволяет сократить использование природных ресурсов и обеспечить тем самым охрану окружающей среды. Таким образом, за счет повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур увеличиваются доходы производителей сельхозпродукции и уменьшается стоимость выращивания. В последнее время фермеры и производители сельхозпродукции всего мира все больше применяют новую технологию для достижения более высокой урожайности, схема работы системы фитомониторинга представлена на рисунке 3.



Рисунок 3– Схема работы системы фитомониторинга

Бесспорным лидером в области разработки приборов и комплектующих для системы фитомониторинга считается израильская компания PhyTech.

Компания предлагает обширный спектр сенсоров для измерения как внешних изменений окружающей среды, таких как влажность почвы, температура и относительная влажность воздуха, сила ветра, уровень радиации, уровень и расход воды, так и для получения таких данных о растении, как размер плода, диаметр стебля или ствола, температура листьев и поток сока в растениях.

Ряд сверхточных датчиков предназначен для контроля за микроизменениями в диаметре ствола или стебля растения. Ряд измерительных

датчиков дает возможность записывать размеры и ежедневную динамику роста плода диаметром от 3 до 160 мм. Для измерения относительного потока сока растений разработаны три модели сенсоров – для листьев, стеблей и стволов. Микросенсоры для измерения температуры листьев обеспечивают высокую точность полученных данных с минимальным воздействием на тепловые режимы листьев. Благодаря динамическому и относительному характеру наблюдения системы фитомониторинга, обычно достаточно всего несколько экземпляров растений для высокой степени репрезентативности и мониторинга крупных плантаций.

Все данные, получаемые с сенсоров, поступают сначала на системы сбора данных, а уже затем передаются на компьютеры специалистов и представляются на мониторах в удобных для чтения и просмотра форматах, таких как таблицы и графики.

Одним из примеров успешной разработки систем фитомониторинга является модульная распределенная система PhyTalk, состоящая из четырех компонентов:

- датчиков, измеряющих различные параметры и предоставляющих актуальную и точную информацию о растении и окружающих его климатических условиях;
- средств связи, обеспечивающих беспроводное размещение датчиков и беспроводное соединение их с удаленными компьютерами по всему миру;
- программного обеспечения, производящего анализ и представление данных в режиме реального времени и формате, удобном для чтения (графики и таблицы);
- прикладных средств, таких как протоколы измерений и процедуры принятия решений для крупных садовых культур.

Сочетание современной науки, решимости и сильной государственной поддержки помогли израильским фермерам модернизировать сельское хозяйство страны и адаптировать его к изменяющимся геополитическим, рыночным и климатическим условиям.

Вода является жизненно важным ресурсом для человечества. Китай – страна с огромной территорией, разнообразными ландшафтами, сложным климатом и частыми наводнениями, и засухами. Вода для китайцев – это не просто водные ресурсы, транспортные артерии, жизненная влага для питья и орошения полей.

Нормативно-техническое обеспечение орошения в Российской Федерации.

В настоящее время работы по строительству, эксплуатации и содержанию оросительных систем регулируются сводом строительных норм и правил (СНиП) с сопутствующими нормативно-методическими документами (ведомственные строительные нормы (ВСН), пособия к СНиП, методические указания, большая часть которых сохранилась со времён государственного регулирования вопросов мелиорации. Стоит задача по созданию новых норм, отвечающих как современным требованиям и ситуации, так и находящимся в соответствии с требованиями Международных ассоциаций по стандартизации (ИСО). Однако появление в ближайшее время единого технического российского регламента по мелиорации в ближайшее время маловероятно. В настоящее время ведутся работы по разработке научно-методической основы для создания национальных стандартов, которые бы регулировали мероприятия по орошению, как составной части мелиорации в целом.

Технико-экономическое обоснование орошения.

Экономическая эффективность мероприятий по орошению зависит от того, смогут ли дополнительные доходы, получаемые в результате проведения оросительных мероприятий, превзойти затраты на их осуществление. Соответственно, требуется иметь информацию о том, сколько средств потребуется вложить в строительство мелиоративной системы, представлять получаемый дополнительный объём продукции, а также рассчитать величину расходов, затрачиваемых на само производство сельскохозяйственной продукции [43, 44].

Следует учитывать, что объём капитальных вложений в оросительные системы включает в себя не только средства на сами эти системы, но также и средства на создание соответствующей инфраструктуры, например, на создание внутрихозяйственной сети дорог, электрификацию, строительство дополнительных зданий для производственных нужд и проживания обслуживающего персонала и др.

Годовые издержки на производство продукции при введении оросительных систем возрастают. Помимо обычных затрат на удобрения, посев, уборку и транспортировку урожая и т. п. появляются расходы на обслуживание самих оросительных систем, которые могут включать в себя затраты на оплату рабочих, на амортизацию оборудования, на дополнительные земляные работы (например, очистку каналов, нарезку временных оросительных сетей), на поливы [43].

В связи с этим перед введением систем орошения требуется тщательный анализ, сопровождающийся экономическими расчётами и технико-экономическим сравнением нескольких вариантов. Для этого могут потребоваться данные о видах и площадях предполагаемых к орошению земель, оценка их мелиоративного состояния, геодезические работы по съёмке местности, с целью составления топографических планов и профилей угодий, данные о физико-химическом составе почв, геологические данные о грунтовых основаниях и уровне подземных вод.

Создание крупномасштабных оросительных систем требует участия специализированных проектных институтов и научной поддержки ввиду как значительных затрат, так и возможного кардинального влияния на природу и население региона [43]. Извлечь максимальную выгоду из внедрения мелиорации возможно при общем развитии сельскохозяйственной отрасли, когда происходит внедрение современной сельхозтехники, создаются профессиональные кадры работников, а также развивается социальная сфера [44]

Вывод – на сегодняшний день нет такой сферы сельскохозяйственного производства, в которой бы не применялись информационные технологии. Разнообразие информационных технологий, применяемых в области сельского хозяйства, с каждым годом интенсивно растет и совершенствуется. Именно современные информационные технологии являются основным фактором эффективности в области сельского хозяйства и на территории России, и в других странах мира.

В первом разделе говорилось о применении информационных технологий в сельском хозяйстве, как появление новых информационных технологий может существенно расширить возможности использования информационных ресурсов в различных отраслях сельского хозяйства.

Во втором разделе были рассмотрены информационные технологии в сельском хозяйстве на территории Красноярского края и по России в целом. Представлены различные программы и проекты, интенсивное расширение разнообразия и активное использование которых увеличивает эффективность сельскохозяйственного производства.

В третьем разделе представлены виды оросительных систем, их особенности, говорится о пользе орошения, а также о применении современных подходов к орошению земель в России и других странах. Как сказывается использование информационных технологий при орошении земель на развитии сельскохозяйственной отрасли.

## **2 Формирование задачи о размещении поливного оборудования**

### **2.1 Анализ финансово-хозяйственной деятельности ООО «Дары малиновки»**

С переходом России к рыночной экономике все большее значение начинает приобретать анализ финансово-хозяйственной деятельности предприятий.

В условиях конкуренции и стремления предприятий к максимизации прибыли анализ финансово-хозяйственной деятельности является неотъемлемой функцией управления. Этот аспект управления фирмой становится наиболее значимым в настоящее время, так как практика функционирования рынка показывает, что без анализа финансово-хозяйственной деятельности предприятие не может эффективно функционировать.

В настоящее время в России только осознана эта необходимость, а в развитых странах анализ является нормой предпринимательской деятельности уже весьма продолжительное время.

Анализ эффективности финансово-хозяйственной деятельности предприятия показывает, по каким направлениям надо вести работу, дает возможность выявить наиболее важные аспекты и наиболее слабые позиции в финансовом состоянии предприятия. В соответствии с этим результаты анализа дают ответ на вопрос, каковы важнейшие способы улучшения финансового состояния предприятия в конкретный период его деятельности. Но главная цель анализа – это своевременное выявление и устранение недостатков в финансовой деятельности, а также нахождение резервов улучшения финансового состояния предприятия и его платежеспособности.

Организационно-экономическая характеристика предприятия.

Полное наименование: Общество с ограниченной ответственностью  
«Сельскохозяйственное предприятие «Дары Малиновки»

Регион: Красноярский край

Юридический адрес: 660032, Красноярский край, город  
Красноярск, улица Соревнования, дом 25, офис 1, пом.58,60

Дата регистрации организации: 10 декабря 2013 года.

Директор организации Общество с ограниченной ответственностью  
«Сельскохозяйственное предприятие «Дары Малиновки» Храбров Александр  
Александрович.

Единственным учредителем является Малышева Антонина Евгеньевна.  
Компания является субъектом Малого и Среднего Предпринимательства,  
категория: малое предприятие, дата включения в реестр: 1 августа 2016 г.

Размер уставного капитала: 1 000 000 рублей.

Общество с ограниченной ответственностью «Сельскохозяйственное  
предприятие «Дары Малиновки» присвоен ИНН 2435006330, КПП 246501001,  
ОГРН 1132411001128, ОКПО 21939939.

Филиалы и представительства:

– наименование представительства: филиал «Ирбейский» ООО «СХП»  
Дары малиновки». Адрес: Красноярский край, Ирбейский район, деревня  
Чухломино, Комсомольская улица;

– наименование представительства: филиал «Сухобузимский» ООО  
«СХП» Дары малиновки». Адрес: Красноярский край, Сухобузимский район,  
село Миндерла, улица Декабристов;

– наименование представительства: филиал «Боготольский» ООО  
«СХП» Дары малиновки». Адрес: Красноярский край, Боготольский район,  
село Боготол, улица Кирова;

В подчинении у директора компании директора филиалов, директора по  
производству, главный инженер, технический директор, финансовый директор,  
главный бухгалтер, директор по персоналу и начальник отдела снабжения.  
Детальная структура предприятия представлена в приложении А.

Виды деятельности:

Основной вид деятельности – выращивание зерновых культур

Дополнительные виде деятельности:

- Деятельность автомобильного грузового транспорта и услуги по перевозкам;
- Предоставление услуг в области растениеводства;
- Разведение молочного крупного рогатого скота, производство сырого молока;
- выращивание пшеницы;
- выращивание ячменя;
- выращивание ржи;
- выращивание гречихи;
- выращивание зернобобовых культур;
- выращивание семян масличных культур;
- выращивание семян рапса;
- выращивание семян соевых бобов;
- выращивание овощей;
- выращивание столовых корнеплодных и клубнеплодных культур с высоким содержанием крахмала или инулина;
- выращивание картофеля;
- выращивание семян овощных культур, за исключением семян сахарной свеклы;
- выращивание однолетних кормовых культур;
- разведение прочих пород крупного рогатого скота и буйволов, производство спермы;
- разведение лошадей, ослов, мулов, лошаков;
- производство нерафинированных растительных масел и их фракций;
- производство нерафинированного соевого масла и его фракций;



- производство нерафинированного рапсового сурепного и горчичного масла и их фракций;
- производство жмыха и муки тонкого и грубого помола из семян или плодов масличных культур;
- производство рафинированных растительных масел и их фракций;
- производство рафинированного соевого масла и его фракций;
- производство рафинированного рапсового, сурепного, горчичного масел и их фракций;
- производство питьевого молока и питьевых сливок;
- производство сливочного масла, топленого масла, масляной пасты, молочного жира, спредов и топленых сливочно-растительных смесей;
- производство сыра и сырных продуктов;
- производство молока и сливок в твердой форме;
- производство прочей молочной продукции;
- производство молока и молочных продуктов для детей раннего возраста;
- производство молока и молочных продуктов для детей дошкольного и школьного возраста.

Анализ имущественного положения предприятия.

Финансовое состояние предприятия – это комплекс показателей, характеризующих наличие финансовых ресурсов по видам, уровень конкурентоспособности, финансовой устойчивости, способности выполнения обязательств перед государствами другими хозяйствующими субъектами.

Оценка финансового состояния предприятия производится на основе показателей, характеризующих имущественное положение и состояние их источников, ликвидности, финансовой устойчивости, финансовых результатов, деловой активности.

Основными задачами анализа финансового состояния предприятия являются оценка и изучение:

- структуры бухгалтерского баланса и показателей имущественного положения;
- ликвидности и платежеспособности;
- финансовой устойчивости;
- финансовых результатов хозяйственной деятельности.

Возможности и качество результатов анализа зависят от количества и качество данных, находящихся в финансовый отчетности: чем обширнее и доброкачественнее материалы отчетности, тем глубже сам анализ.

Компания «Дары Малиновки» – одна из крупнейших и технологичных аграрных компаний за Уралом. Дары Малиновки – это экономически устойчивый, динамично развивающийся агропромышленный холдинг, специализирующийся на производстве, хранении, переработке, транспортной логистике и сбыта сельскохозяйственной продукции. Предприятие имеет несколько тысяч гектаров пахотной земли в севообороте и выгодно использует особенности климата в выращивании урожая. В 2016 году впервые в регионе успешно реализован проект по выращиванию элитного семенного картофеля в условиях рискованного земледелия (урожай составил 800т.).

Производственные мощности предприятий расположены в Сухобузимском, Ирбейском, Боготольском районах Красноярского края. За несколько лет существования компании на рынке сельхозпроизводителей края, продукция под торговой маркой «Дары Малиновки» достигли 75% присутствия в различных сетях Красноярска. Продукция «Дары Малиновки» поставляется во все каналы потребительского рынка:

- сети местных и федеральных ритейлеров (О'кей, Лента, Метро, Красный яр, Командор, Аллея, Rosa и др.);
- магазины формата «у дома»;
- общепит и сегмент индустриального питания;
- региональные оптовые рынки;
- другие регионы России.

Для анализа хозяйственно-финансовой деятельности организации и её финансового состояния были произведены следующие расчеты. Структура имущества и источников формирования ООО СХП «Дары Малиновки» представлена в таблице 2.

Таблица 2– Структура имущества и источников его формирования

тыс.рублей

Показатель	2014	2015	Отклонение 2015 от 2014
Внеоборотные активы, в том числе:	2339,45	11195	8855,55
Основные средства	2339,45	11195	8855,55
Прочие внеоборотные активы	0	0	0
Оборотные активы, в том числе:	20439,6	151240	130800,4
Запасы	15072,3	113503	98430,7
Налог на добавленную стоимость по приобретенным ценностям	0	7832	7832
Дебиторская задолженность	5249	29424	24175
Денежные средства и денежные эквиваленты	58,715	227	168,285
Прочие оборотные активы	59,602	254	194,398
Собственный капитал, в том числе:	21826,3	73331	51504,7
Уставный капитал (складочный капитал, уставный фонд, вклады товарищей)	1000	1000	0
Нераспределенная прибыль (непокрытый убыток)	20826,3	72331	51504,7
Долгосрочные пассивы	0	0	0
Краткосрочные пассивы, в том числе:	952,777	89104	88151,223
Заемные средства	457,983	72517	72059,017
Кредиторская задолженность	494,794	16587	16092,206
Валюта баланса	22779,1	162435	139655,9

За 2015 год валюта баланса увеличилась на 139655,9 тысяч рублей. Увеличение актива баланса связано с увеличением внеоборотных активов на 8855,55 тысяч рублей и оборотных активов на 130800,4 тысяч рублей. Увеличение внеоборотных активов в полном объеме произошло из-за увеличения основных средств. На увеличение оборотных активов в большей

степени повлияло увеличение запасов, также оказало влияние увеличение дебиторской задолженности. Динамика результатов финансовой деятельности представлена в таблице 3.

Таблица 3– Динамика результатов финансовой деятельности ООО «Дары Малиновки»

тыс.рублей			
Показатель	2014	2015	Отклонение 2015 от 2014
Валовая прибыль (убыток)	17909,2	49224	31314,8
Выручка	22076,8	98053	75976,2
Себестоимость продаж	4167,58	48829	44661,42
Прибыль (убыток)от продаж	17909,2	49224	31314,8
Проценты к уплате	0	11642	11642
Прочие доходы	3652,73	21043	17390,27
Прочие расходы	708,86	7034	6325,141
Чистая прибыль (убыток)	20824,3	51505	30680,7
Текущий налог на прибыль	0	86	86
Прочее	28,86	0	-28,86

К 2015 году увеличился прирост выручки и себестоимость продаж. Вместе с прочими доходами росли и прочие расходы. По итогам 2015 года получена чистая прибыль в размере 51505 тысячи рублей.

Обобщающая оценка финансового состояния предприятия достигается на основе таких результативных показателей, как прибыль и рентабельность (таблица 4).

Таблица 4 –Показатели рентабельности

%			
Показатель рентабельности	2014	2015	Отклонение 2015 от 2014 года
Рентабельность продаж	81,12	50,20	-30,92
Экономическая рентабельность	175,09	55,71	-119,38
Рентабельность собственного капитала	95,41	70,24	-25,17

Рентабельность внеоборотных активов	8,90	4,60	-4,30
Рентабельность перманентного(постоянного) капитала	182,70	108,43	-74,27
Фондарентабельность	1521,95	727,39	-794,56
Рентабельность общей деятельности	94,46	52,62	-41,84

Для полного анализа необходимо провести обзор техники и сельхоз. оборудования ООО СХП «Дары Малиновки» (Таблица 5).

Таблица 5 - Техника и сельхоз. оборудования ООО СХП «Дары Малиновки»

Тип по ОКП	Количество	Диапазон годов выпуска	В собственности ООО СХП «Дары Малиновки»
Автобусы	3	2003-2014	1
Автомобили грузовые	57	1984-2016	7
Автомобиль легковой	26	1988-2016	12
Комбайн зерноуборочный	33	2002-2017	0
Машины для заготовки кормов	11	2001-2017	0
Машины для защиты растений	26	1987-2017	0
Машины для посева	20	1995-2017	0
Машины для уборки и первичной обработки зерновых	7	2001-2016	1
Машины для уборки картофеля и овощей	14	2010-2016	0
Машины погрузочно-разгрузочные	38	1989-2017	8
Машины подметально-уборочные	1	2016	0
Машины поливальные	3	2011-2016	0
Машины почвообрабатывающие	51	2000-2017	8
Прицепы/полуприцепы	34	1975-2016	1
Тракторы	44	1987-2016	9

Как видно из таблицы, в собственности ООО СХП «Дары Малиновки» находится лишь часть используемого оборудования.

Подводя итоги вышесказанному можно сделать следующие выводы:

- Компания «Дары Малиновки» - одна из крупнейших и технологичных аграрных компаний за Уралом;
- За несколько лет существования компании на рынке сельхозпроизводителей края, продукция торговой марки «Дары Малиновки» достигла доли 75% присутствия в розничных сетях Красноярска;
- Темп роста имущества предприятия составил 713,1 %, при этом темп роста оборотных активов превышает темп роста необоротных активов, что является положительной тенденцией деятельности предприятия;
- Показатели рентабельности сократились в 2015 году, это связано с тем, что предприятие осваивало в этот период новые технологии, расширялось и выходило на новый уровень развития, а это требует не маленьких инвестиций, отдача от которых будет в будущем.
- Большую роль в выращивании культур играет наличие качественных поливальных машин, именно на это необходимо обратить внимание в развитии предприятия.

## **2.2 Математическая постановка задачи о размещении поливного оборудования**

Орошение (полив) является необходимой операцией в процессе выращивания определенных сельскохозяйственных культур в климатических условиях Центральной и Южной Сибири.

Для осуществления полива используются поливные системы – агрегаты с расположенными на них распылителями воды. Среди таких систем наибольший интерес представляют круговые системы (круговые дождевальные машины) [60], представленные на рисунке 4.



Рисунок 4 – Пример круговой дождевальной машины

Функционирование такого поливного агрегата происходит следующим образом. Один из концов агрегата закреплен на оси вращения, другой описывает круговую траекторию (рисунок 5). Таким образом, происходит полив соответствующего круга, или его сектора. Перемещение агрегата осуществляется на специальных колесных опорах.

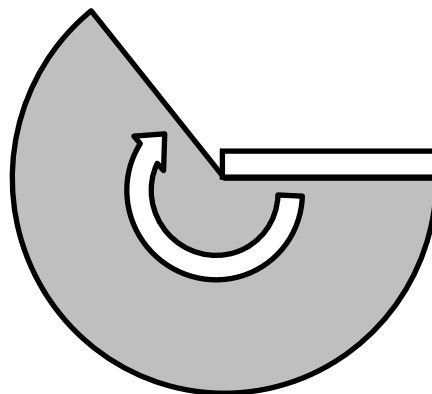


Рисунок 5 – Схема перемещения поливной системы в процессе полива

Размеры и конструкция агрегата определяет радиус круга полива. Радиус определяется типом выбранной системы, варьируются в определенных пределах и с определенным шагом. Стоимость поливного агрегата находится в общем случае в нелинейной зависимости от радиуса полива.

В современных поливных системах появились раскладывающиеся секции на конце поливной машины, которые позволяют частично покрывать незадействованные части поля между кругами или используются при наличии помех на границах круга (рисунок 6).

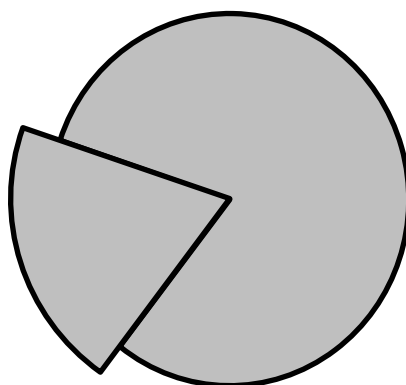


Рисунок 6 – Покрытие поливной системы со складывающимися секциями

К оси вращения поливного агрегата должен быть подведен водопровод. Прокладка трубопровода осуществляется под землей. Источник воды, как правило, располагается на определенном удалении вне поля.

Поле, на котором устанавливается система полива, может иметь сложные границы и обладать неровностями рельефа. Осуществлять полив вне границ участка невозможно. Овраги, перелески, а также иные препятствия могут серьезно ограничить возможность размещения вблизи них поливной системы (рисунок 7).





Целевой показатель в задаче оптимизации – максимальная рентабельность поля, на котором осуществляется выращивание сельскохозяйственных культур с использованием оросительных систем. Ежегодная прибыль формируется суммарной площадью поливаемой земли в пределах определенного поля. Издержки складываются из затрат на покупку, установку и ежегодное обслуживание поливных систем, а также подведение к ним воды. Учитывая сложность задачи, целевой критерий задается алгоритмически.

В работе предполагают следующие базовые принципы:

- участок земли, принадлежащий полю, приносит постоянный фиксированный доход только в случае его полива;
- полив может осуществляться исключительно внутри границ поля;
- стоимость воды на единицу площади – величина постоянная и известная;
- во время полива система может описывать полный круг, сектор круга;
- площади, охватываемые поливными системами, могут пересекаться при этом область пересечения не приносит какой-либо дополнительный доход, но требует двойных затрат на воду;
- поливальные системы необходимо выбирать из определенного ряда типоразмеров. стоимость и ресурс доступных конфигураций систем предполагаются известными;
- к центру каждой круговой поливной системы должен быть подведен подземный трубопровод, прокладка единицы длины трубопровода – величина постоянная;
- для полива необходимо наличие насосной станции, подающей воду в систему. можно условно предполагать подачу воды централизованной из одной точки, т.е. места расположения насосной станции;
- в некоторых случаях поливальную установку можно перемещать с места на место. стоимость такого перемещения полагается известной. подвод воды должен быть осуществлен ко всем возможным местам расположения

системы. однако следует учитывать, что перемещение поливной системы – операция сложная и нежелательная;

- поливная система рассчитана на перемещение в условиях определенных предельных углов наклона и перегибов участка поля в горизонтальной плоскости;

- при нахождении оптимального решения можно учитывать варианты, связанные с вырубкой колков (перелесков), отсыпкой дорог через овраги для колес поливной машины.

Решение подобных задач рассматривалось для более простых случаев, например, для полива футбольного поля [61].

В результате выполнения проекта требуется:

- составить перечень параметров, характеризующих систему полива, размещаемую на определенной площади;

- создать программный модуль, осуществляющий вычисление критерия оптимизации и ограничений, для последующей работы совместно с оптимизационным модулем;

- данные, используемые модулем критерия, должны поступать из модуля интерфейса, обеспечивающего ввод исходных данных о конфигурации поля, типах поливального оборудования, доходах и расходах в процессе осуществления с/х деятельности на поле. Модуль интерфейса должен также обеспечивать вывод информации о найденном решении;

- предложить поисковые алгоритмы оптимизации критерия, заданного алгоритмически в п.2, и положить в основу модуля оптимизации создаваемой системы;

- созданный программный продукт опробовать на тестовых примерах и реальных данных, предоставляемых заказчиком.

Для выполнения проекта необходимо владеть:

- основами разработки и использования случайных адаптивных поисковых алгоритмов оптимизации алгоритмически заданных критериев, включающих разнотипные переменные, с множественными ограничениями,

которые заданы также алгоритмически. Размерность задачи – высокая (сотни переменных);

- методами теории графов и кластерного анализа (например, построение кратчайшего незамкнутого пути);

- опытом создания программных систем или их прототипов с разработкой визуального графического интерфейса.

Для решения задачи необходимо разработать алгоритм размещения оборудования.

## **2.3 Выбор алгоритмического обеспечения для решения задачи о размещении оборудования**

### **2.3.1 Постановка задачи условной оптимизации**

Задача условной оптимизации в общем виде может быть представлена следующим образом:

$$f(X) \rightarrow \underset{X \in D \subset S}{opt}, \quad (1.1)$$

$$\text{left}(i) \leq x_i \leq \text{right}(i), \quad i = \overline{1, n}, \quad (1.2)$$

$$g_i(X) \leq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad (1.3)$$

где  $f(X)$ – целевая или оптимизируемая функция,

вектор  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – вектор независимых переменных,

Неравенства (1.2) задают множество  $S$ – пространство оптимизации. Ограничения на вектор  $X$ , которые налагаются условиями (1.3) задают множество  $D$  допустимых значений неизвестных. Если  $X \in D$ , то такое решение называют допустимым [52].

### 2.3.2 Общее описание методов решения задачи условной оптимизации

Если исследователю удастся сформулировать решаемую проблему в виде задачи линейного программирования (ЗЛП) – это большая удача. Методы решения таких задач хорошо известны и не представляют трудностей. К наиболее известному относится симплексный метод [53]. Сложнее дело обстоит в случае с задачами нелинейного программирования. Тут все будет зависеть от вида и свойства функций, с помощью которых формализована задача оптимизации.

Одним из наиболее широко используемых методов обработки ограничений является использование штрафных функций. Штрафной функцией  $p(x)$  называется функция вида:

$$p(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \in F \\ w(x, g_1, \dots, g_p, h_1, \dots, h_q), & \text{иначе} \end{cases} \quad (2.1)$$

где  $w(x, c_1, \dots, c_n)$  – некоторая функция, определяющая штраф для решения  $x$  на основе нарушения этим решением ограничений  $g_1, \dots, g_p, h_1, \dots, h_q$ . Результирующее значение целевой функции формируется как  $f_p(x) = f(x) \pm p(x)$ . Предполагается, что  $p(x) > 0 \forall x \notin F$ , а полученное значение штрафа  $p(x)$  отнимается при решении задачи максимизации и прибавляется при решении задачи минимизации.

Функция

$$L(x, \lambda_0, \lambda) = \lambda_0 f(x) + \sum_{j=1}^m \lambda_j h_j(x) \quad (2.2)$$

называется обобщённой функцией Лагранжа, числа  $\lambda_0, \lambda_1, \dots, \lambda_m$  – множителями Лагранжа. Функция Лагранжа используется в одноименном методе поиска условного экстремума, подробно описанном в [1]. Особенность этого метода

заключается в применении частных производных первого и второго порядка, что сужает область решаемых задач до дифференцируемых функций (целевой и ограничений).

Также к популярным методам решения задач нелинейного программирования относят метод множителей Лагранжа, комплексный метод Бокса, методы проектирования и редукции градиента [54, 55].

При использовании генетического алгоритма возможен специфический вариант учёта ограничений, выражающийся в задании особых операторов скрещивания и мутации. Суть данного подхода заключается в том, что исходная популяция составляется из допустимых решений, а решения, получаемые в результате скрещивания и мутации, также являются допустимыми. Таким образом, поиск ведётся в пространстве допустимых решений, и полученное решение будет допустимым всегда.

### **2.3.3 Генетический поиск как метод оптимизации**

Эвристика генетического поиска проистекает из процессов, происходящих в живой природе [56, 57]. Согласно теории эволюции, живые организмы непрерывно в течении всего своего существования проходят определённые этапы эволюции: отдельные особи – этапы селекции и скрещивания, а потомки подвергаются мутациям, наиболее удачные из которых закрепляются в последующих поколениях.

По аналогии с природной эволюцией в генетическом поиске используются этапы скрещивания, селекции, мутации. Каждая особь представляет собой полноценное решение задачи оптимизации – допустимое или недопустимое.

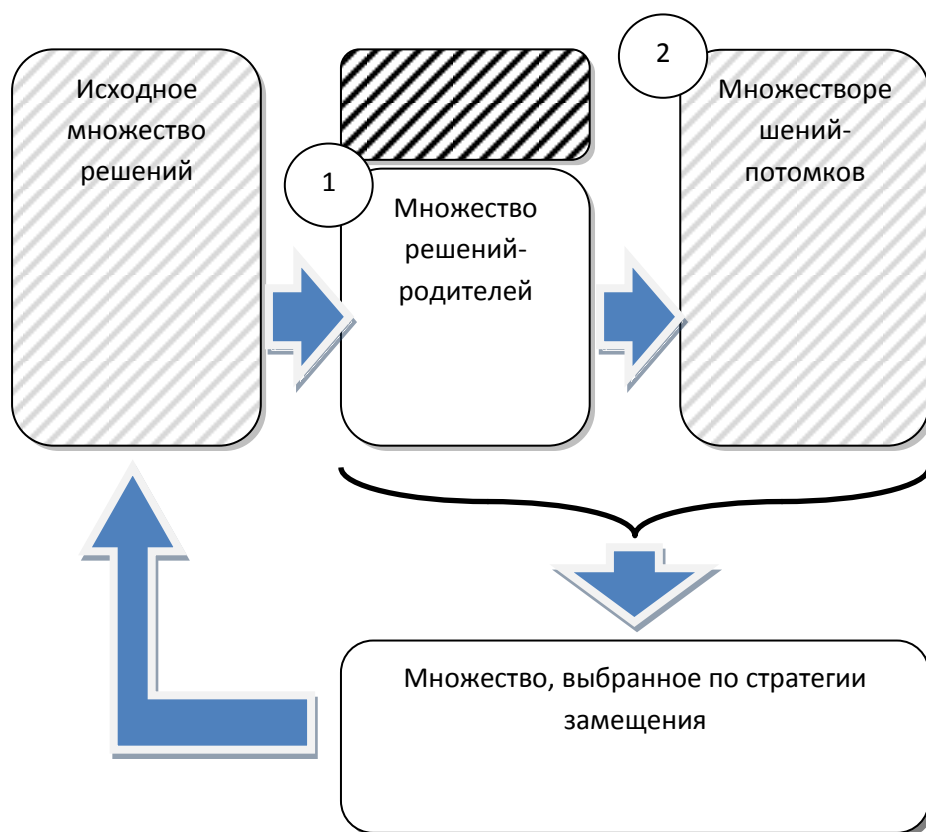


Рисунок 8 – Генерация решений в ходе генетического поиска. 1 – результат работы оператора селекции; 2 – результат работы оператора скрещивания, также обрабатывается оператором мутации

На рисунке 8 представлен процесс генерации множеств решений в ходе работы генетического алгоритма поиска. Заштрихованными прямоугольниками показаны множества точек, для которых необходимо считать целевую функцию. Как можно заметить, при фиксированном размере исходного и множества потомков, а также при заранее заданном максимальном количестве итераций, генетический алгоритм позволяет заранее задать количество вычислений целевой функции. При использовании базы данных, хранящей уже вычисленные ранее точки, также можно уменьшить количество вычислений целевой функции.

Отличительной особенностью генетического алгоритма оптимизации является использование булевых строк для кодирования решений. Эта

особенность даёт исследователю возможность поиска в любых пространствах, элементы которых можно закодировать булевыми строками. Булевая строка, составленная из множества булевых строк, кодирующих параметры решения, называется хромосомой.

Генетический алгоритм представляет собой последовательность операторов, которые изменяют текущее множество решений. Операторы применяются последовательно и циклично, пока не выполнится условие останова или количество итераций не превысит заранее заданное число. Эти операторы – селекция, скрещивание и мутация.

Оператор селекции требует от множества решений наличие вычисленных значений функций пригодности. Однако, некоторым операторам, таким как турнирная селекция, достаточно возможности сравнения пары решений. В турнирной селекции для отбора решения создаётся группа из  $t \geq 2$  решений, выбранных случайным образом. Наилучшее решение добавляется во множество родителей, остальные отбрасываются.

Существуют также пропорциональная и ранговая селекция. В пропорциональной селекции вероятность решения быть отобранным во множество родителей пропорциональна его пригодности и вычисляется как:

$$P(x) = \frac{-\text{fitness}(x) + C}{m \cdot C - \sum_{i=1}^m \text{fitness}(x_i)}, \quad (3.1)$$

где,  $C$  – достаточно большая константа, чтобы  $P(s) \equiv 0$ ,

$m$  – размер исходного множества-популяции.

В ранговой селекции решения предварительно ранжируются в соответствии с их пригодностью по возрастанию. Тогда вероятность быть отобранным во множество родителей определяется как:

$$P(x_i) = \frac{2 \cdot i}{m \cdot (m + 1)} \quad (3.2)$$



Операторы скрещивания определяются для пары индивидов и бывают одноточечными, двухточечными, равномерными. При двухточечном скрещивании хромосомы родителей обмениваются частями, а при равномерном потомок может унаследовать гены родителей с одинаковой вероятностью (Рисунок 9).

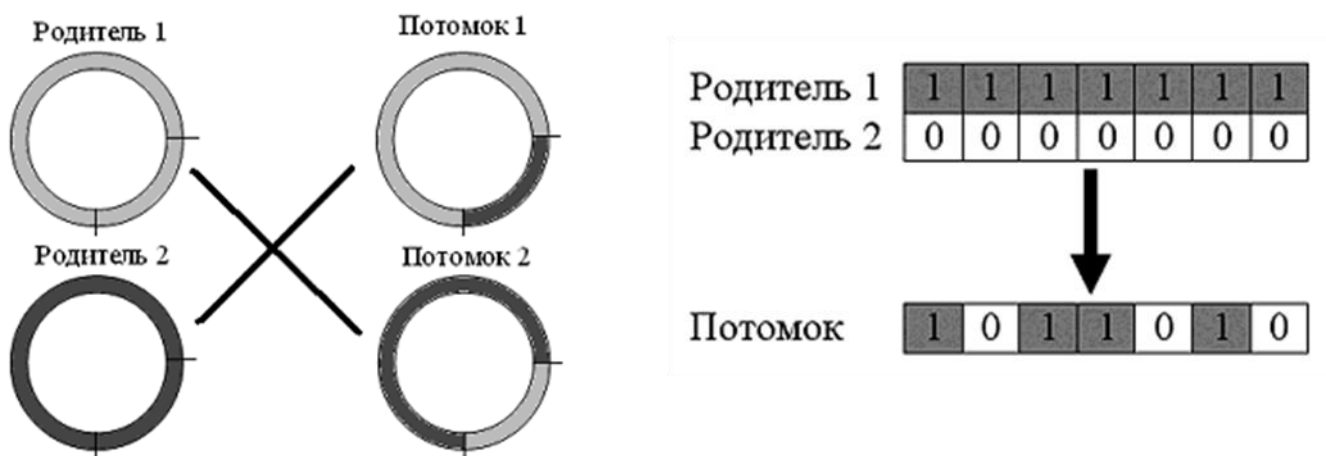


Рисунок 9 – Двухточечное скрещивание (слева) и равномерное (справа)

Оператор мутации с заданной вероятностью меняет гены в хромосоме на противоположные. Вероятность мутации может оставаться неизменной, изменяться с ростом количества итераций или в зависимости от хода поиска (адаптивная мутация). В данной работе вероятность мутации считается постоянной величиной для каждого процесса поиска.

#### 2.3.4 Способы учёта ограничений в методе генетического поиска

Методы, основанные на штрафных функциях.

Штраф  $f_j(X)$  за нарушение  $j$ -того ограничения для задачи условной оптимизации (2.1) – (2.2) определяется следующим образом:

$$f_j(X) = \begin{cases} \max\{0, g_j(X)\}, & j = \overline{1, q} \\ |h_j(X)|, & j = \overline{q+1, m} \end{cases}, \quad (4.1)$$

где функции  $g_j(X)$ ,  $h_j(X)$  – функции определенные условиями (3.1) и (3.2).

Метод статических штрафов.

Для каждого ограничения задается семейство интервалов. Далее, в зависимости от того, какому интервалу принадлежит найденное решение, ему присваивается определенный коэффициент штрафа. Таким образом определяется влияние нарушения того или иного ограничения на функцию пригодности.

Алгоритм имеет следующий вид:

1. Для каждого ограничения (3.1), (3.2) задается  $l$  уровней нарушения ограничения, то есть задается границы интервалов.

2. Для каждого из  $l$  уровней каждого из  $m$  ограничений задается коэффициент штрафа  $R_{ij}$ ,  $i = \overline{1, l}$ ,  $j = \overline{1, m}$ . Чем больше нарушение ограничения, тем выше уровень и тем больше коэффициент штрафа.

3. Задается начальная популяция, которая может содержать как допустимые, так и недопустимые индивиды.

4. Начиная с начальной популяции, пригодность индивидов оценивается по следующей формуле:

$$fitness(X) = f(X) - \sum_{j=1}^m R_{ij} \cdot f_j^2(X), \quad (4.2)$$

где  $i$  – уровень нарушения ограничения индивидом  $X$ ,

$f_j(X)$  – функция штрафа, определяемая формулой (3.5),

$R_{ij}$  – коэффициент штрафа.

Среди недостатков метода статических штрафов стоит отметить большое число параметров, что существенно усложняет настройку алгоритма при его реализации. Метод требует определения  $m(2l + 1)$  параметров, поскольку для каждого из  $m$  ограничений необходимо задать  $l$  уровней нарушения, а значит

$(l + 1)$  границу интервала. И затем для каждого ограничения требуется определение  $l$  коэффициентов штрафа.

Стоит отметить, что метод статических штрафов тесно связан с методами, основанными на предположении о превосходстве допустимых индивидов над недопустимыми. Этот эффект будет присутствовать при слишком жестких штрафах для нарушения ограничений.

Метод динамических штрафов.

Метод динамических штрафов основан на зависимости размера штрафа от времени, то есть номера популяции. Это позволяет на начальных итерациях штрафовать нарушения ограничений не так жестко, как на последних.

Общий алгоритм учета ограничений аналогичен алгоритму метода статических штрафов, который описан выше. Однако формула оценки пригодности индивидов отличается от формулы (4.2):

$$fitness(X) = f(X) - (C \cdot t)^\alpha \cdot \sum_{j=1}^m f_j^\beta(X), \quad (4.3)$$

где  $\alpha, \beta, C$  – константы,  $t$  – временной параметр, номер текущего поколения. Существуют рекомендованные значения на константы:  $C = 0.5, \alpha = \beta = 2$ .

Метод динамических штрафов намного проще в реализации, чем метод статических штрафов, так как для него не требуется настройки большого количества параметров, требуется лишь определение нескольких констант. Главной особенностью является то, что с увеличением номера поколения штрафы за нарушение ограничений возрастают.

Вместо выбора из набора заданных уровней, штраф рассчитывается динамически, что существенно упрощает настройку метода.

Метод адаптивных штрафов.

Данный метод является модификацией метода динамических штрафов. Помимо зависимости размера штрафа от номера итерации, используется

зависимость от количества попаданий лучшего индивида в популяции на каждом шаге в допустимую или недопустимую область.

Пригодность индивидов будет вычисляться следующим образом:

$$fitness(X) = f(X) - \lambda(t) \cdot \sum_{j=1}^m f_j^2(X) \quad (4.4)$$

$$\lambda(t) = \begin{cases} \frac{1}{\beta_1} \cdot \lambda(t-1), & \text{если } \vec{b}^i \in D \text{ для всех } i \in [t-k+1; t] \\ \beta_2 \cdot \lambda(t-1), & \text{если } \vec{b}^i \in U \text{ для всех } i \in [t-k+1; t] \\ \lambda(t-1), & \text{иначе} \end{cases} \quad (4.5)$$

где  $\vec{b}^i$  – лучший индивид  $i$ -той популяции,

$\beta_1, \beta_2$  – константы,  $\beta_1, \beta_2 > 1$ ,  $\beta_1 \neq \beta_2$ .

То есть происходит уменьшение штрафа на  $(t+1)$  итерации, если лучший индивид популяции на протяжении последних  $k$  итераций принадлежал допустимой области. Если же на протяжении всех последних  $k$  итераций лучший индивид всегда был в недопустимой области, то штраф увеличивается. В случае, если он за последние  $k$  поколений то принадлежал допустимому множеству, то нет, коэффициент штрафа остается прежним.

Данный метод является эффективной модификацией метода динамических штрафов, поскольку применение данного метода возможно для широкого круга задач. Его исследование на множестве тестовых функций показывает превосходство над другими методами штрафных функций.

Метод, основанный на отбрасывании недопустимых индивидов.

Данный метод также называется методом “смертельных” штрафов. Суть данного метода заключается в “убийстве” недопустимых индивидов – за нарушение ограничений индивиды исключаются из популяции и больше не принимают участие в воспроизводстве.

Стоит отметить, что начальная популяция должна быть инициализирована исключительно допустимыми индивидами для возможности

продолжения работы алгоритма. Метод прост в реализации и на многих задачах дает хорошие результаты сходимости.

Методы, основанные на превосходстве допустимых решений над недопустимыми.

Для данного метода используется следующее правило: «каждое допустимое решение лучше, чем недопустимое». То есть не важно, как далеко допустимое решение расположено от оптимума, – оно всегда лучше, чем любое недопустимое. Обычно метод применяется в комплексе с другими методами.

Для обеспечения сходимости в начальной популяции должен быть хотя бы один допустимый индивид.

Метод применим, если допустимое множество решений является большим и выпуклым. В обратном случае алгоритм может работать неэффективно в силу невозможности приблизиться к оптимуму.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Терещенко И.А. Ключко К.П. Информационные технологии в сельском хозяйстве // Молодежный научный форум: Технические и математические науки: электр. сб. ст. по материалам XX студ. междунар. заочной науч.-практ. конф. — М.: «МЦНО». — 2015 — № 1(20) / [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [https://nauchforum.ru/archive/MNF\\_social/1\(20\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/MNF_social/1(20).pdf)
2. Применение ИТ технологий в сельском хозяйстве <http://www.inf74.ru/primenenie-it-v-selskom-hozyaystve/>
3. Семилякова К.В. Применение информационных технологий в АПК // Nauka-rastudent.ru. – 2014. – No. 12 (12-2014) / [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://nauka-rastudent.ru/12/2246/>
4. Топоркова С.И., Арасланбаев И.В. Перспективы использования информационных технологий в сельской местности / В сборнике: Актуальные вопросы экономико-статистического исследования и информационных технологий сборник научных статей: посвящается 40-летию создания кафедры “Статистики и информационных систем в экономике”. МСХ РФ, Башкирский государственный аграрный университет. Уфа, 2013. С. 267-268.
5. Арасланбаев И.В., Шамукаева В.В. Информационное обеспечение – как основной фактор управления хозяйственной деятельностью / NovaInfo.Ru. 2015. Т. 1. № 32. С. 42-45.
6. Молчаненко С.А. Основные показатели статистической идентификации социально-экономического развития региона // Актуальные вопросы экономических наук. – 2014. – № 41-1. – С. 109-114.
7. Меняйкин Д. В. Информационные системы и их применение в АПК / Д. В. Меняйкин, А. О. Таланова // Молодой ученый. - 2014. - № 3. - С. 485 - 487.

8. Ананьев М.А. Применение информационных технологий в АПК /М.А. Ананьев, Ю.В. Ухтинская. [Электронный ресурс] – URL: [www.sisupr.mrsu.ru](http://www.sisupr.mrsu.ru).

9. Шалин, А.Ф. Описание системы целевых индикаторов, характеризующих сельскохозяйственное производство и позволяющих осуществлять поддержку оперативного управления / А.Ф. Шалин, Д.Е. Белов, А.Е. Мищенко, А.А. Пикалов // Сборник научных трудов Ставропольского научно- исследовательского института животноводства и кормопроизводства. 2013. Т. 2. № 6 (1). С. 285-293

10. Чуб Е. В. Моделирование организационно -экономического процесса управления инновационным развитием аграрного предприятия // Е. В. Чуб , И. В. Затонская . В сборнике : Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики Материалы 5-й научно -практической internet-конференции . Ответственный редактор Ю.С. Нагорнов . Ульяновск , 2015. С. 230-233. Молчаненко С.А. Оценка экономического развития совместных пред- приятий в регионе // Актуальные вопросы науки. – 2015. – № XVII. – С. 32-35.

11. Затонская С. С. Информационные технологии в оценке финансового потенциала аграрного предприятия // С. С. Затонская Концепт . – 2015. – № 05 ( май ). – ART 15143. – URL: <http://e-koncept.ru/2015/15143.htm>. – ISSN 2304-120X.

12. Затонская И. В. Финансовый потенциал аграрного предприятия как фактор конкурентоспособности // И. В. Затонская . В сборнике : Современные тенденции в науке и образовании Сборник научных трудов по материалам Международной научно -практической конференции : в 5 частях . ООО " АР - Консалт ". Москва , 2015. С 154-155. 19.

13. Матвеев Д. М. Роль консалтинговой деятельности в технико-технологическом переоснащении сельского хозяйства / А. Т. Стадник, Д. М. Матвеев, М. Г. Крохта, П. П. Холодов; Новосиб. гос. аграр. ун-т. - Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2013. - 200 с

14. Баутин В.М. Информационно-консультационная служба должна ориентироваться на инновации / Баутин В.М.; Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии, 2013.
15. Хмельницкая З.Б. Использование методов управления проектами в информационно-консультационных службах агропромышленного комплекса России / Хмельницкая З.Б., Золотухин С.Ю.; Агропродовольственная политика России. 2014. № 10 (22). С. 73-78.
16. Меденников В.И. методика рейтинговой оценки эффективности использования информационного ресурса информационно-консультационной службой / Меденников В.И., Горбачев М.И., Сальников С.Г., Никоновские чтения. 2016. № 21. С. 18-21.
17. Затонская И. В. Информационные технологии в управлении имущественным состоянием аграрного предприятия / И . В. Затонская , Е. В. Чуб . В сборнике : Современное состояние и приоритетные направления развития экономики Материалы Международной заочной научно - практической конференции . Новосибирский государственный аграрный университет . Россия , г. Новосибирск , 2014. С. 88-93. 20.
18. Интеллектуальные технические средства в сельском хозяйстве / Труфляк Е.В., Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 4. С. 25-34.
19. Система точного (координатного) земледелия / Смирнов С.А., Actualscience. 2016. Т. 2. № 11. С. 24-25.
20. Артюшин А.А., Научно-техническое обеспечение применения глонасс в сельскохозяйственном производстве / Артюшин А.А., Смирнов И.Г., Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. № 1. С. 8-11.
21. Мировой опыт применения точного (ориентированного) сельского хозяйства (тсх) / Буклагина Г.В. / Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. 2014. № 1. С. 111.
22. Технологии искусственного интеллекта в географических информационных системах для автоматизированных систем управления



территориально-экономическими процессами / Панамарева О.Н., Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2013. № 3 (19). С. 163-170.

23. Список статей, опубликованных в журнале «информационно-измерительные и управляющие системы» в 2016 году / Информационно-измерительные и управляющие системы. 2016. Т. 14. № 12. С. 146-150.

24. Яценко В.А., Применение гиперспектральных методов в геологии: состояние и перспективы / Яценко В.А., Воронов Н.Д., Гниденко В.В., Наливайчук Н.В.; Геоинформатика. 2014. № 4 (52). С. 30-36.

25. Опыт, пути становления и проблемы функционирования информационно-консультационных служб в сельском хозяйстве юнуса п.с. / Юнусова П.С.; Региональные проблемы преобразования экономики. 2014. № 8 (46). С. 125-130.

26. Программа всемирной сельскохозяйственной переписи фАО ООН раунда 2010 г / Корбут Л.С.; АПК: Экономика, управление. 2014. № 9. С. 80-87.

27. Орлов А.В., Справочно-правовая система «консультант плюс» / Орлов А.В., Галичина Ю.Ю.; Вестник образовательного консорциума Среднерусский университет. Информационные технологии. 2014. № 4. С. 37-40.

28. Пятый технологический уклад: место агропромышленного комплекса России / Буклагин Д.С.; Экономический анализ: теория и практика. 2017. Т. 16. № 1 (460). С. 19-35.

29. Проблемы и перспективы использования информационно-коммуникационных технологий работниками сельского хозяйства России / Былина С.Г.; В сборнике: Проблемы и перспективы развития сельского хозяйства и сельских территорий. Сборник статей V Международной научно-практической конференции. 2016. С. 26-28.

30. Факторы конкурентоспособности сельского хозяйства в России / Марамохина Е.В.; Аэкономика: экономика и сельское хозяйство. 2014. № 1. С. 2.

31. Проблемы оценки эффективности использования информационного ресурса в сельском хозяйстве России / Меденников В.И., Луппов В.В., Муратова Л.Г., Сальников С.Г.; В сборнике: Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий XII Международная научно-практическая конференция (ежегодная). 2015. С. 594-596.

32. Журнал "Агросибирь" № 99, «Высокие технологии – в Красноярское село», декабрь 2014 г. Краткосрочные экономические показатели Красноярского края // Красноярскстат [электронный ресурс] - Режим доступа. – URL: <http://www.gks.ru/region/ind1104/Main.htm>

33. Бадмаева С. Э., экологически обоснованные технологии функционирования мелиорируемых земель в Красноярском крае / Бадмаева С. Э., Евтушенко С. В.; Вестник Красноярского государственного аграрного университета, Выпуск № 2 / 2013.

34. Технический уровень и эффективность эксплуатации мелиоративных систем / Ольгаренко д.г.; Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2015. № 4 (20). С. 287-295.

35. Боровой Е.П., Капельное орошение как основа развития плодового хозяйства на юге Российской Федерации / Боровой Е.П., Кременской В.И., Иванютин Н.М.; Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 4 (44). С. 246-255.

36. Алгоритм управления водораспределением для закрытой оросительной системы / Слабунов В.В., Акопян А.В.; Научная жизнь. 2014. № 2. С. 110-120.

37. Ткачев А.А., Особенности расчета тупиковых каналов для случая автоматизированных оросительных систем / Ткачев А.А., Зарубин В.В. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 114. С. 1018-1029.

38. Домашенко Ю.Е., Экономическое обоснование повторного использования воды на сельскохозяйственных полях орошения / Домашенко

Ю.Е., Васильев В.В., Антонова Н.А., Васильев С.М.  
Вестник Алтайского государственного аграрного университета.  
2015. № 9 (131). С. 57-61.

39. Семененко С.Я., Комбинированная система орошения / Семененко С.Я., Абезин В.Г., Дубенок Н.Н.; патент на изобретение  
RUS 2525774 06.05.2013

40. Щедрин В.Н., Комплексный подход к оценке поколений оросительных систем на основе средств имитационного моделирования сложных систем / Щедрин В.Н., Васильев С.М., Чураев А.А.; Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 4 (32). С. 189-193.

41. Принципы построения автоматизированных систем дистанционного мониторинга технического состояния оросительных систем / Власов М.В.; Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2014. № 55. С. 52-56.

42. Ольгаренко В.И., Система показателей по оценке технического уровня оросительных систем / Ольгаренко В.И., Ольгаренко И.В., Ольгаренко Г.В.; В сборнике: Мелиорация, водоснабжение и геодезия Материалы межвузовской научно-практической конференции. Под редакцией профессора А.Ю. Черемисинова. 2014. С. 4-10.

43. Основные направления снижения антропогенной нагрузки на водные объекты за счет уменьшения сброса дренажных вод с мелиорируемых территорий / Кирейчева Л.В.; Природообустройство. 2015. № 5. С. 64-69.

44. Модернизация дождевальных машин в системе методов повышения эффективности землепользования в орошаемом земледелии / Несмысленов А.П., Потоцкая Л.Н., Юдаев Н.В., Евсюкова Л.Ю.; Научное обозрение: теория и практика. 2016. № 6. С. 119-128.

45. Указ Президента РФ от 21.07.2016 N 350 "О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства".

46. Безбородов Ю.Г., Водосберегающие элементы поверхностного полива / Безбородов Ю.Г., Безбородов Г.А., Эсанбеков М.Ю. Природообустройство. 2014. № 4. С. 12-17.
47. Слюсаренко В.В., Снижение потерь воды при поливе дождеванием / Слюсаренко В.В., Надежкина Г.П., Акпасов А.П., Дасаева З.З. Научное обозрение. 2015. № 19. С. 49-52.
48. Распределение поливной влаги при внутрисочвенном орошении в корнеобитаемом слое садовых посадок / Мазепа М.В.; В сборнике: Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО Материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 70-летию образования ВолГАУ. 2014. С. 146-148.
49. Попова В.П., Капельное орошение плодовых насаждений / Попова В.П., Фоменко Т.Г.; Методические рекомендации / Краснодар, 2013.
50. Вардияшвили А.А., Гелиотеплица с внутрисочвенным орошением и аккумулярованием тепла / Вардияшвили А.А., Файзиев Т.А., Муродов И., Узаков Г.Н.; Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2016. № 1. С. 69-71.
51. Гончаров, В.А. Методы оптимизации. Москва : Высшее образование, 2009.
52. Методы оптимизации в примерах и задачах: Учебное пособие / А.В. Пантелеев, Т.А. Летова -2-е изд.исправл. -М.: Высш. шк. 2005. - 544 с.
53. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.
54. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. – М.: Мир, 1975. – 534 с.
55. Кузнецов Ю.Н., Кузубов В.И., Волощенко А.Б. Математическое программирование. – М.: Высшая школа, 1976. – 352 с.
56. Holland J. H. Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis With Applications to Biology, Control, and Artificial

Intelligence [Текст]/J. H. Holland. — The MIT Press, Cambridge, 1992. — ISBN 0262581116

57. Goldberg D. Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning [Текст]/ D. Goldberg. — Massachusetts: Addison-Wesley, 1989. — ISBN 0201157675

58. Семенкин Е.С., Жукова М.Н., Жуков В.Г., Панфилов И.А., Тынченко В.В.. Эволюционные методы моделирования и оптимизации сложных систем, СФУ, 2007.

59. Семенкин Е.С. Адаптивные поисковые методы оптимизации сложных систем / Е.С. Семенкин, О.Э. Семенкина, С.П. Коробейников - Красноярск: СИБУП, 1997. - С.355

60. Круговые дождевальные машины[Электронный ресурс] – Режим доступа:<http://sistema-orosheniya.ru/krugovye-sistemy/>

61. Задача – полить футбольное поле[Электронный ресурс] – Режим доступа:<http://www.irrigate.ru/stati/33/262/>

## Организационная структура предприятия ООО СХП «Дары Малиновки»

